

UNTERSUCHUNGEN ZUR NATÜRLICHEN VERJÜNGUNG DES BERGMISCHWALDES

- Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts
in den ostbayerischen Kalkalpen -

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
WOLFGANG HOHENADL

München 1981

1982

UNTERSUCHUNGEN ZUR NATÜRLICHEN VERJÜNGUNG DES BERGMISCHWALDES

**- Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts
in den ostbayerischen Kalkalpen -**

DISSERTATION

**zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**vorgelegt von
WOLFGANG HOHENADL**

München 1981



Berichterstatter : Prof. Dr. Burschel

Prof. Dr. von Schönborn

Tag der Promotion : 11.02.1962

Gesamtherstellung: **aku** - Fotodruck GmbH, 8600 Bamberg

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines im Jahre 1976 begonnenen interdisziplinären Forschungsvorhabens der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München. An dem Projekt, das sich mit der Erhaltung und Wiederausbreitung des Fichten-Tannen-Buchenwaldes in seinem natürlichen Verbreitungsgebiet befaßt, sind neben dem federführenden Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung die Lehrstühle für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie, Bodenkunde, Waldwachstumskunde und angewandte Zoologie beteiligt.

Herrn Prof. Dr. P. BURSCHEL, dem Initiator des gesamten Forschungsvorhabens, bin ich für die Übertragung der Bearbeitung eines Teilaspekts aus der Gesamtproblematik sehr dankbar. Für seine tatkräftige Unterstützung und Ermutigung sowie die vielen sachkundigen Ratschläge während der Einrichtung der Versuchsflächen, der Außenarbeiten und bei der Erstellung des Manuskripts bin ich ihm zu größtem Dank verpflichtet.

Ebenso darf ich mich sehr herzlich bei Prof. Dr. J. HUSS für sein stetes Interesse, seine Gesprächsbereitschaft und sein förderndes Entgegenkommen bedanken. Herrn Prof. Dr. F. FRANZ danke ich sehr für seine freundliche und wertvolle Beratung, Herrn Prof. Dr. A. von SCHÖNBORN danke ich für die Überlassung von Tannensamen sowie von Buchen- und Ahornfrüchten für den Schadensversuch.

Dank schulde ich Herrn For Dr. E. KENNEL für die Erstellung der Rechenprogramme, Herrn For Dr. R. FELDNER für die pflanzensoziologische Aufnahme und Herrn For Dr. K. FOERST für seine Unterstützung bei der standortskundlichen Ansprache der Versuchsflächen.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung, insbesondere bei Frau E. KIEFER, Herrn H. EL KATEB und Herrn SCHOBERSTEINER, die unermüdlich bei den teilweise mühseligen Außenaufnahmen und bei der Aufbereitung der Daten halfen sowie Herrn G. HÖGEL für die gewissenhafte Erstellung der Abbildungen. Mein ganz besonderer Dank gilt Frau K. RITTLER, die die umfangreichen Schreibarbeiten besorgte.

Die Durchführung der Außenarbeiten wäre nicht möglich gewesen ohne die Mithilfe von Diplomanden und studentischen Hilfskräften. Ihnen allen sei hiermit gedankt.

Verpflichtet bin ich auch den Herren FoD H. Meyer, Forstamt Ruhpolding, und FoD J. Demleitner, Waldarbeitsschule Laubau, sowie ihren Mitarbeitern für die Hilfe bei der Einrichtung der Versuchsf Flächen und bei der Lösung organisatorischer Probleme.

Die Untersuchungen wurden ermöglicht durch die großzügige finanzielle Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie durch die personelle und finanzielle Hilfe der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Ihnen sei hiermit geziemend gedankt.

Nicht zuletzt bin ich meiner Familie für das Verständnis und die stete Unterstützung sehr dankbar.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	V
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	VI
<u>1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</u>	1
<u>2. VERSUCHSANLAGE</u>	3
2.1 Das Untersuchungsgebiet	3
2.2 Versuchsanordnung	5
2.21 Versuchsflächen und Versuchsparzellen	5
2.22 Die Kernflächen	6
2.221 Einrichtungen zur Beobachtung der Naturverjüngung	6
2.222 Einrichtungen zur Untersuchung der künstlichen Verjüngung; Bioklimatologische Meßstation	10
2.3 Die Standorte	12
2.4 Witterungsablauf im Untersuchungsgebiet	14
2.5 Struktur und Aufbau der Altbestände	15
2.6 Beschirmung und Beleuchtung	16
2.7 Temperatur	24
2.8 Feuchtigkeitsverhältnisse	25
2.9 Statistische Auswertung	29
2.91 Voraussetzungen	29
2.92 Angewandte Verfahren	30
<u>3. DIE KEIMUNG DER SAMEN - DICHT E UND WACHSTUM DER VERJÜNGUNGSPFLANZEN</u>	31
3.1 Einleitung	31
3.2 Ergebnisse	33
3.21 Durch Naturverjüngung besiedelbare Fläche	33
3.22 Verjüngungspflanzen, die bei Versuchsanlage im Herbst 1977 bereits vorhanden waren (Keimjahrgang 1976 und älter)	35
3.221 Pflanzendichte	35
3.222 Entwicklung im Beobachtungszeitraum	38
3.222.1 Ausfälle und deren Ursachen	38
3.222.2 Sproßlängen	39
3.223 Zusammenfassung	41
3.23 Verjüngungspflanzen aus den Samenjahren 1976/77 (Keimjahrgang 1977) und 1977/78 (Keimjahrgang 1978)	42

3.231	Samenfall und Anzahl keimfähiger Samen auf den einzelnen Versuchsparzellen	42
3.232	Keimung und Keimerfolg	44
3.232.1	Der Keimverlauf im Jahr 1977 u.78	44
3.232.2	Das Keimergebnis (Keimlingsprozent)	49
	3.232.21 Fichte	50
	3.232.22 Tanne	52
	3.232.23 Buche	54
	3.232.24 Ahorn	56
3.232.3	Das Pflanzenprozent	58
	3.232.31 Fichte	58
	3.232.32 Tanne	61
	3.232.33 Buche	64
	3.232.34 Ahorn	66
3.233	Ausfall und Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen	68
3.233.1	Die Schadensursachen (Ausfallursachen)	69
3.233.2	Verlauf der Pflanzenverluste und ihre Ursachen	73
	3.233.21 Fichte	73
	3.233.22 Tanne	77
	3.233.23 Buche	81
	3.233.24 Ahorn	87
	3.233.25 Bedeutung der Ausfälle mit unbekannter Schadensursache	91
3.233.3	Nicht letale Schäden an Verjüngungspflanzen	91
3.234	Pflanzendichten im Herbst 1978	93
	3.234.1 Fichte	93
	3.234.2 Tanne	95
	3.234.3 Buche	98
	3.234.4 Ahorn	100
	3.234.5 Wirkung der Bodenbearbeitung	102
	3.234.6 Einfluß des Zaunschutzes	104
3.235	Vergleich der Baumartenanteile im Altbestand und in der Verjüngung	106
3.236	Verteilung und Flächendeckung der Verjüngung	108
	3.236.1 Einteilung der Probekreise in Dichteklassen	108
	3.236.2 Verteilung der Klumpungsgrade	110
	3.236.3 Vergleich der empirischen mit theoretischen Verteilungen	111

	Seite
3.237 Das Wachstum der Verjüngungspflanzen	112
3.237.1 Beobachtungen zum Austriebver- halten und Blattfall an Altbe- stand und Naturverjüngung	112
3.237.11 Altbestand	113
3.237.12 Verjüngung	114
3.237.2 Entwicklungsstand einjähriger Ver- jüngungspflanzen im Herbst des Keimjahres	114
3.237.3 Sproßlängen einjähriger und Höhen- zuwachs zweijähriger Verjüngungs- pflanzen	116
3.237.31 Fichte	116
3.237.32 Tanne	119
3.237.33 Buche	121
3.237.34 Ahorn	123
3.238 Zusammenfassung	126
4. <u>SCHADENSVERSUCH</u>	134
4.1 Einleitung	134
4.2 Vorversuch	134
4.21 Material und Methode	134
4.22 Ergebnisse	135
4.23 Zusammenfassung	136
4.3 Hauptversuch	137
4.31 Einleitung	137
4.32 Material und Methode	138
4.33 Ergebnisse	141
4.331 Überlebenschancen von Buchen- und Ahorn- keimlingen bei Ausschaltung möglicher Schadfaktoren	141
4.332 Überlebenschancen der Fichten- und Tannen- samen sowie der Buchen- und Ahornfrüchte bei Ausschaltung möglicher Schadfaktoren	142
4.34 Zusammenfassung	145
5. <u>DISKUSSION</u>	147
5.1 Wie verläuft der Keimprozeß der Baumsamen im Berg- mischwald und wodurch wird er beeinflusst?	147
5.2 Wie entwickelt sich die Verjüngung nach dem Abschuß der Keimphase weiter, und welche biotischen und abiotischen Schadenseinflüsse treten dabei auf?	150
5.3 Welche Pflanzendichten stellen sich ein und wie sind die Verjüngungspflanzen am Boden verteilt?	158
5.4 Wie geht die Sproßlängenentwicklung vor sich?	160
5.5 Welchen Einfluß haben waldbauliche Maßnahmen auf die Frühphase des Verjüngungsprozesses?	162

	Seite
6. <u>GESAMTZUSAMMENFASSUNG</u>	167
7. <u>LITERATUR</u>	172
8. <u>ANHANG</u>	181

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

$\bar{x}$	Mittelwert
Σ	Summe
χ^2	(Chi-Quadrat) Prüfgröße des χ^2 -Tests
cal	Kalorie
e	Wasserdampfdruck
E	Sättigungsdampfdruck
E-e	Sättigungsdefizit
F	Varianzverhältnis; Prüfgröße des F-Tests
FG	Freiheitsgrad
I+H	Globalstrahlung
J	Joule
K	Klumpungsgrad
MQ	mittleres Abweichungsquadrat
n	Anzahl von Proben
N	Gesamtzahl (Grundgesamtheit)
N	Niederschlag
n.sig.	nicht signifikant bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit
p	Irrtumswahrscheinlichkeit *: p = 0,05 **: p = 0,01 ***: p = 0,001
SF %	Standardfehler (Standardabweichung) des Mittelwerts in Prozent des Mittelwerts
SQ	Summe der Abweichungsquadrate
St.	Stück
t	Prüfgröße des t-Tests
T _B	Bodentemperatur
V %	Variationskoeffizient
W	Watt

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

a) <u>Verzeichnis der Abbildungen</u>	Seite
Abb. 1: Geographische Lage der einzelnen Versuchsflächen im Bereich des Lehrforstamtes Ruhpolding	7
Abb. 2: Die Lage der Parzellen auf der Hauptversuchsfläche	7
Abb. 3: Schematische Darstellung einer Kernfläche	8
Abb. 4: Aufnahmekreis aus Eisendraht mit einer Innenfläche von einem Quadratmeter	10
Abb. 5: Grundflächen und Beschirmungsgrade einer Kontroll- (1.0), einer schwachen Schirmhieb- (1.1) und einer starken Schirmhiebparzelle (2.2) auf der Hauptversuchsfläche (Stand: 1976 nach dem Eingriff)	18
Abb. 6: Prozentuale Häufigkeiten der relativen Beleuchtungsstärken im Innern verschieden behandelter Bestände des Bergmischwaldes	21
Abb. 7: Tagessummen der Globalstrahlung an 3 ausgewählten Tagen bei unterschiedlichen Beschirmungsverhältnissen auf der Hauptversuchsfläche	22
Abb. 8: Tagesgang der Globalstrahlung in 1 m Höhe über dem Waldboden auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche an einem bedeckten Tag (MAYER, 1981)	23
Abb. 9: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur in der Vegetationszeit 1977 in Abhängigkeit von der Überschirmung (MAYER, 1979)	24
Abb. 10: Mittlere Tagesgänge der Bodentemperaturen T_B auf verschiedenen Flächen im Juli 1977 (MAYER, 1979)	25
Abb. 11: Niederschlagssummen auf Versuchsflächen unterschiedlicher Höhenlage und Exposition	26
Abb. 12: Die Schneehöhen auf der Nordfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung im Winter 1978/79 (BERTHOLD, 1980)	27
Abb. 13: Mittlerer Tagesgang des Sättigungsdefizits (E-e) auf der Hauptversuchsfläche in der Vegetationsperiode 1977 (Mai - Sept.)	28
Abb. 14: Anteil der zu Versuchsbeginn mit 0,1 und mit mindestens 2 Verjüngungspflanzen besetzten Probekreise in Abhängigkeit von der mittleren Pflanzendichte	37
Abb. 15: Das Auflaufen der Fichten-, Tannen-, Ahorn und Buchenkeimlinge auf der südexponierten Kontrollparzelle 6.0	46
Abb. 16: Verlauf der Keimung von Fichten-, Buchen- und Ahornsamen auf den Kontrollparzellen in 900 m (Parz. Nr. 1.0) und in 1.200 m ü.NN (Parz. Nr. 4.0)	47

	Seite
Abb. 17: Das Auflaufen der Tannensamen auf unterschiedlich stark überschirmten Parzellen (Südfläche)	48
Abb. 18: Die Wirkung unterschiedlicher Beschirmung auf den Keimverlauf der Fichtensamen im Jahr 1978, dargestellt am Beispiel typischer Parzellenpaare	49
Abb. 19: Charakteristisches Schadbild von Mäusefraß an Verjüngungspflanzen	70
Abb. 20: Durch Befall von Phytophthora omnivora abgestorbener Buchenkeimling	71
Abb. 21: Charakteristische Befallsbilder von Verjüngungspflanzen der Fichte durch a) Botrytis cinerea b) Herpotrychia nigra	72
Abb. 22: Verlauf des Ausfalls von Fichtenverjüngungspflanzen der Keimjahrgänge 1977 und 1978 auf der Kontrollparzelle 1.0 auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit vom Zustand des Oberbodens	74
Abb. 23: Die Ursachen der Ausfälle von Fichtenkeimlingen, nach Jahrgängen geordnet	75
Abb. 24: Verlauf des Ausfalls von Tannenverjüngungspflanzen des Keimjahrgangs 1977 auf unterschiedlich überschirmten Parzellen	79
Abb. 25: Die Ursachen der Ausfälle von Tannenpflanzen des Keimjahrgangs 1977 während der gesamten Beobachtungsperiode	80
Abb. 26: Entwicklung der Mäusedichte gemessen am Anteil der besetzten Fallen pro Nacht im Untersuchungsgebiet (BÄUMLER, HOHENADL, 1980)	81
Abb. 27: Abundanz und Dominanz der Rötel- und Gelbhalsmaus und anderer Mäusearten in verschiedenen Höhenstufen (BÄUMLER, HOHENADL, 1980)	87
Abb. 28: Schadbild einer nach Befall durch Botrytis cinerea im Frühjahr nicht mehr austreibenden einjährigen Buchenpflanze	85
Abb. 29: Buchenblatt-Baumlaus (Phyllaphis fagi); ungeflügelte Virgines-Generation (nach PRIHODA, 1978)	86
Abb. 30: Abfolge unterschiedlicher Schadwirkungen auf einen Buchenkeimling	86
Abb. 31: Verlauf des Ausfalls von Buchenverjüngungspflanzen auf unterschiedlich überschirmten Parzellen (a: Hauptversuchsfläche, b: Südfläche)	88
Abb. 32: Verlauf des Ausfalls von Ahornkeimlingen auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche	90
Abb. 33: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Fichte	96

Abb. 34: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Nordfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung: Baumart Fichte	96
Abb. 35: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Tanne	97
Abb. 36: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Buche	99
Abb. 37: Entwicklung der Pflanzendichte auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Ahorn	102
Abb. 38: Schadensversuch; Verteilung der 8 Blöcke mit je 6 Kleinparzellen (= Varianten) auf der Hauptversuchsfläche	139
Abb. 39: Schema einer Kleinparzelle (= Variante) mit räumlicher Anordnung der Buchen- und Ahornkeimlinge sowie der Fichten-, Tannensamen, Buchen- und Bergahornfrüchte	140
Abb. 40: Von Mäusen befallene Bucheckern, Ahornfrüchte und Tannensamen	144
Abb. 41: Entwicklung der Verjüngungsdichte auf den unbearbeiteten Teilparzellen - alle Jahrgänge, alle Baumarten	161

b) Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Erhebungen und Auswertungen auf den Parzellen	11
Tab. 2:	Standörtliche Charakteristika der einzelnen Versuchsparzellen	13
Tab. 3:	Anteile der Baumarten an der Grundfläche von Altbeständen im Bergmischwald nach den Ergebnissen verschiedener Autoren	15
Tab. 4:	Ertragskundliche Daten der verbleibenden Bestände auf den Versuchsparzellen (Stand: Herbst 1976)	17
Tab. 5:	Beschirmungsgrad und relative Beleuchtungsstärke im Innern verschieden behandelter Bestände des Bergmischwaldes bei Außenhelligkeiten zwischen 15 - 30 Kilolux	19
Tab. 6:	Relative Häufigkeiten der Tagessumme der Globalstrahlung (J/cm^2) auf verschieden beschirmten Parzellen während der Vegetationszeit 1977	22
Tab. 7:	Anzahl der Schneedeckentage, mittlere Schneedeckenhöhen, Schneedeckensumme und maximale Schneehöhe im Winter 1978/79 auf der Hauptversuchs-, der Nord- und der Südfäche (BERTHOLD, 1980)	28
Tab. 8:	Verwendete statistische Prüf- und Analyseverfahren und -programme	32
Tab. 9:	Für Jungwuchs nicht besiedelbarer Flächenanteil auf den einzelnen Versuchsparzellen	34
Tab. 10:	Dichte, Baumartenanteil und Verteilung der Verjüngungspflanzen zu Versuchsbeginn (Keimjahrgang 1976 und älter)	36
Tab. 11:	Zahl der markierten älteren Verjüngungspflanzen auf den Parzellen der Hauptversuchsfläche und deren Ausfallprozent im Beobachtungszeitraum	38
Tab. 11a:	Sproßlängen mehrjähriger Verjüngungspflanzen (im Herbst 1977) sowie Höhenzuwachs in der zweiten Verjüngungsperiode (1978) auf unterschiedlich über-schirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche	40
Tab. 12:	Zahl der 1976/77 und 1977/78 auf den verschiedenen Parzellen pro m^2 gefallen keimfähigen Samen (VELTSISTAS, 1980)	43
Tab. 13:	Das Auflaufen der Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornkeimlinge	45
Tab. 14:	Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozente 1977 und 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Fichte	50

Tab. 15: Ergebnis der Varianzanalysen: Keimlingsprozent im Jahr 1977 und 1978; Baumart Fichte	51
Tab. 16: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1977 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestan- des und der Bodenbearbeitung; Baumart Tanne	53
Tab. 17: Ergebnis der Varianzanalyse: Keimlingsprozent im Jahr 1977; Baumart Tanne	53
Tab. 18: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Buche	55
Tab. 19: Ergebnis der Varianzanalyse: Keimlingsprozent im Jahr 1978; Baumart Buche	55
Tab. 20: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Ahorn	57
Tab. 21: Ergebnis der Varianzanalyse: Keimlingsprozent im Jahr 1978; Baumart Ahorn	57
Tab. 22: Pflanzenprozent von einjährigen Verjüngungspflan- zen im Herbst 1977 und 1978 sowie von zweijährigen Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Boden- bearbeitung; Baumart Fichte	59
Tab. 23: Ergebnis der Varianzanalysen: Pflanzenprozent im Herbst 1977 und 1978; Baumart Fichte	61
Tab. 24: Pflanzenprozent von ein- und zweijährigen Verjün- gungspflanzen im Herbst 1977 bzw. 1978 in Abhängig- keit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Tanne.	62
Tab. 25: Ergebnisse der Varianzanalysen: Pflanzenprozent im Herbst 1977 und 1978; Baumart Tanne	63
Tab. 26: Pflanzenprozent einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Buche	65
Tab. 27: Ergebnis der Varianzanalyse: Pflanzenprozent im Herbst 1978; Baumart Buche	66
Tab. 28: Pflanzenprozent einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Ahorn	67
Tab. 29: Ergebnis der Varianzanalyse: Pflanzenprozent im Herbst 1978; Baumart Ahorn	68
Tab. 30: Die Mortalität der Fichtenpflanzen und ihr Verlauf	73
Tab. 31: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Fichte	76

	Seite
Tab. 32: Anteil der abiotischen Schäden am Gesamtausfall von Fichtenpflanzen (Jahrgang 1977 und 1978) in Abhängigkeit von der Beschirmung und vom Zustand des Oberbodens	77
Tab. 33: Die Mortalität der Tannenpflanzen und ihr Verlauf	78
Tab. 34: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen: Baumart Tanne	80
Tab. 35: Die Mortalität der Buchenpflanzen und ihr Verlauf	83
Tab. 36: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Buche	84
Tab. 37: Die Mortalität der Ahornpflanzen und ihr Verlauf	89
Tab. 38: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Ahorn	90
Tab. 39: Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen, getrennt nach Schadperioden	92
Tab. 40: Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen, getrennt nach Baumarten	93
Tab. 41: Mittlere Dichten, Standardfehlerprocente und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden ein- und zweijährigen Fichten auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen	94
Tab. 42: Mittlere Dichten, Standardfehlerprocente und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden zweijährigen Tannen auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen	97
Tab. 43: Mittlere Dichten, Standardfehlerprocente und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden einjährigen Buchen auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen	98
Tab. 44: Mittlere Dichten, Standardfehlerprocente und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden ein- und zweijährigen Ahorne auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen	101
Tab. 45: Pflanzendichten im Herbst 1978 auf den gezäunten Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung	103
Tab. 46: Pflanzendichten im Herbst 1978 auf den unbearbeiteten Teilparzellen mit und ohne Zaunschutz	105
Tab. 47: Anteil der Baumarten Fichte (Lärche), Tanne, Buche und Ahorn (sonst. Lbh.) im Altbestand (Grundfläche) und in der Verjüngung (Pflanzen-dichte Individuen 1977 und 1978) im Herbst 1978 auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen	107
Tab. 48: Ergebnisse der Varianzanalysen: Baumartenanteil in der Verjüngung im Herbst 1978	108

	Seite
Tab. 49: Einteilung der Probekreise in Dichteklassen (St./m ²)	109
Tab. 50: Verteilung der für die Teilparzellen ermittelten Klumpungsgrade im Herbst 1978 (Gesamtversuch) auf Klassen von Klumpungsgraden für die Baumarten Fichte, Tanne, Buche, Ahorn und deren Summe	110
Tab. 51: Vergleich der empirischen Verteilungen von Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 mit drei theoretischen Verteilungen	112
Tab. 52: Austriebszeitpunkte hauptständiger Buche in unterschiedlicher Höhenlage und Exposition	113
Tab. 53: Entwicklungsstand der jungen Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornpflanzen (Indiv. 1977 und 1978) im Herbst des Keimjahres - Gesamtversuch	115
Tab. 54: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 und 1978 sowie mittlerer Zuwachs im Jahr 1978 zweijähriger Verjüngungspflanzen, jeweils mit entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Fichte	117
Tab. 55: Ergebnis der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten Vegetationsperiode sowie Zuwachs in der zweiten Vegetationsperiode; Baumart Fichte	118
Tab. 56: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen sowie deren Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode mit entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Tanne	120
Tab. 57: Ergebnis der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten sowie deren Zuwachs in der zweiten Vegetationsperiode; Baumart Tanne	121
Tab. 58: Mittlere Sproßlänge einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 mit entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Buche	122
Tab. 59: Ergebnis der Varianzanalyse: Sproßlänge einjähriger Verjüngungspflanzen; Baumart Buche	123
Tab. 60: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 und 1978 sowie mittlerer Zuwachs im Jahr 1978 zweijähriger Verjüngungspflanzen mit den entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Ahorn	124
Tab. 61: Ergebnisse der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten Vegetationsperiode sowie Zuwachs zweijähriger Pflanzen in der zweiten Vegetationsperiode; Baumart Ahorn	125

	Seite
Tab. 62: Ergebnis des Vorversuchs zur Kartierung der Schadensursachen	136
Tab. 63: Überlebensprozente von Buchen- und Ahornkeimlingen im Herbst 1978 bei Ausschaltung unterschiedlicher Schadfaktoren	142
Tab. 64: Die Wirkung unterschiedlicher Schutzmaßnahmen auf die Entwicklung junger Fichten	145

Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes
- erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen -.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der Fichten- Tannen- Buchenwald ist im Verbreitungsgebiet der Tanne die wichtigste natürliche Vegetationsform. Auch heute noch, nach vielen Jahrhunderten waldverändernder menschlicher Aktivitäten, ist diese Waldform in gebirgigen Landschaften großflächig zu finden. Sie wird dort Bergmischwald genannt. Im Hügel- und Flachland kommt der Fichten-Tannen-Buchenwald dagegen nur noch örtlich vor; Nadelholzreinbestände haben ihn hier vielfach abgelöst. Neben den genannten Hauptbaumarten gehören auch Bergahorn, Vogelbeere, Esche, Bergulme und gelegentlich Eibe und Mehlbeere zum Bergmischwald. Die Anteile von Fichte, Tanne und Buche, aber auch der Nebenbaumarten können je nach Standort sehr verschieden sein. So dominiert im tiefmontanen Bereich, der oft mit der meteorologischen Inversionszone zusammenfällt, das Laubholz. Der hochmontane Bergmischwald ist dagegen durch Vorherrschen des Nadelholzes charakterisiert. In hängigem Gelände kann durch Expositionswechsel und kleinstandörtliche Vielfalt die gesamte Spanne der Erscheinungsformen auf gleicher Höhenlage vorkommen.

Die Tanne spielt im Bergmischwald eine besondere Rolle. Als die schattenfesteste Baumart kann sie, mehr als 100 Jahre im Unterstand verharrend, als Bindeglied zwischen den Bestandesgenerationen wirken. Sie vor allem ermöglicht gut gestufte, ungleichaltrige Bestandesstrukturen, wie sie für den intakten Bergmischwald typisch sind.

Eingehende Untersuchungen sind der natürlichen Zusammensetzung des Bergmischwaldes und seiner von Menschen ungestörten Dynamik gewidmet worden. Sie haben sich in zahlreichen Publikationen niederschlagen, von denen hier nur einige genannt seien: LEIBUNDGUT, 1959; MAGIN, 1959; ZUKRICL, ECKART und NATHER, 1963; KRAL und MAYER, 1968;

MLINSEK, 1967; VYSKOT, 1968; MAYER, SCHENKER und ZUKRIGL, 1972.

Die besondere Problematik von Bergwäldern ganz allgemein ist umfassend in der Schutzwaldmonographie von MAYER (1976) abgehandelt worden. In weiteren, ebenfalls zahlreichen Veröffentlichungen sind die Veränderungen dargestellt worden, die seit dem Eingreifen des Menschen am Bergmischwald eingetreten sind und weiter stattfinden: BÜLOW, 1962; MEISTER, 1969, 1972; FRANZ, 1973; SCHREYER, RAUSCH, 1976; LÖW, 1975. Als Fazit aus diesen Untersuchungen kann festgestellt werden, daß

- ein Entmischungsprozeß auf belangvollen Flächen stattfindet, wovon insbesondere die ökologisch und ertragskundlich sehr wichtige Tanne, aber auch die Buche und andere Laubhölzer betroffen sind,
- die Bestockung vor allem in höheren Lagen gelegentlich nicht dicht genug ist, so daß die optimale Erfüllung der gerade dort wichtigen Schutzaufgaben nicht als gesichert angesehen werden kann.

Dieser äußerst ungünstige Befund hat vor allem zwei Ursachen:

- Verbißschäden durch Schalenwild und Waldweide,
- der Verjüngung des Bergmischwaldes nicht angepaßtes waldbauliches Vorgehen bei seiner Nutzung.

Es ist also ein umfangreicher Wissensstand über die Eigenarten und den Zustand des Bergmischwaldes erarbeitet worden. Dabei ist klar zutage getreten, daß diese eindrucksvolle Waldform bei der gegenwärtigen Bewirtschaftung großflächig an Terrain verliert. Das ist um so bedauerlicher, als seine Erhaltung seit jeher Ziel des Waldbaus im süddeutschen Raum war (Kgl. BAYER. MINISTERIAL-FORSTBUREAU, 1861).

Aufbauend auf diesem Wissensstand wurde deshalb zur Erforschung der Zusammenhänge, die die Abläufe in genutzten Bergmischwäldern bestimmen, und zur Entwicklung von angemessenen Bewirtschaftungsformen ein Forschungsprojekt in Angriff genommen. An seiner Verwirklichung sind mehrere Fachgebiete der Forstwissenschaftlichen Fakultät

der Universität München beteiligt, von denen hier die Bodenkunde und Standortslehre, Bioklimatologie, Waldertragskunde und Forstzoologie genannt seien. Die Federführung liegt beim Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung. Das Vorhaben ist auf einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren ausgelegt. In der vorliegenden Arbeit wird über einen Teilaspekt des Untersuchungsprogramms aus den ersten beiden Untersuchungsjahren berichtet. Dabei geht es um die Beantwortung des folgenden Fragenkatalogs:

1. Wie läuft der Keimungsprozeß der Baumsamen im Bergmischwald ab?
2. Wie entwickelt sich die Verjüngung nach dem Abschluß der Keimungsphase weiter?
3. Welche biotischen und abiotischen Schadenseinflüsse bestimmen die unter 1. und 2. genannten Abläufe?
4. Welche Pflanzendichten stellen sich ein und wie sind die Verjüngungspflanzen am Boden verteilt?
5. Wie geht die Sproßlängenentwicklung der Verjüngungspflanzen vonstatten?
6. Welchen Einfluß haben waldbauliche Maßnahmen auf die frühe Phase des Verjüngungsprozesses?

2. VERSUCHSANLAGE

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Zur Beantwortung des eingangs aufgeführten Fragenkatalogs wurde der kalkalpine Bereich des Lehrforstamtes Ruhpolding als Untersuchungsgebiet ausgewählt. Er liegt im ostbayerischen Alpenraum in den Chiemgauer Bergen. Dort stehen trotz jahrhundertelanger intensiver forstlicher Nutzung ausreichend gemischte Altbestände zur Verfügung. Langfristig gesehen sollen die hier gewonnenen Erkenntnisse zusammen mit den Ergebnissen neuerer Untersuchungen im Mittelteil der bayerischen Alpen (RAUSCH, 1975; SCHREYER, RAUSCH, 1976; PREUHSLE, 1979; LÖW, 1975; METTIN, 1977; BURSCHEL, LÖW, METTIN, 1977) zu einer umfassenden Bearbeitung des Problems der Bergmischwaldverjüngung herangezogen werden.

Der Bergmischwald reicht im Untersuchungsgebiet von den Tallagen um ca. 700 m ü.NN bis zu einer Höhe von 1.400 - 1.500 m ü.NN. Das Relief ist geprägt durch steile Hänge, wie sie für den Randalpenbereich typisch sind. Jedoch kommen auch schroffe, felsige, hochgebirgsartige Partien vor.

Geologisches Ausgangsmaterial sind Hauptdolomit und Wettersteinkalke der Trias sowie deren Hangschutt. Daraus entstanden - oft in kleinflächigem Wechsel - Humuskarbonatböden und flach- bis mittelgründige, skelettreiche Lehm- und Tonlehmböden (VOGEL, 1961).

Das Klima des im Staubereich der Nordalpen liegenden Untersuchungsgebiets ist atlantisch geprägt. Nach der Klimaeinteilung von KÖPPEN und GEIGER (1936, 1954) gehört es zu den gemäßigten Regenklimate. Zur Grobcharakterisierung seien im folgenden die Durchschnittswerte der nahegelegenen Wetterstation Reit im Winkl in den Jahren 1951 bis 1970 angeführt. Demnach beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge 1.730 mm. Das Niederschlagsmaximum liegt im frühen Sommer. Ein beträchtlicher Anteil des Niederschlags fällt als Schnee, die Summe der Neuschneehöhen liegt bei 509 cm. Die Jahresmitteltemperatur beträgt im Talbereich +6,2 °C. Im Mittel herrschen 150 Frosttage und 38 Eistage.

Nach der forstlichen Wuchsgebietsgliederung für Bayern gehört der Untersuchungsraum zum Wuchsgebiet "Bayerische Alpen" und darin zur Landschaftsgruppe "Bayerische Kalkalpen". Der Wuchsbezirk heißt "Chiemgauer Alpen" (KREUTZER, FOERST, 1977). Vegetationskundlich weist SEIBERT (1965/66) das Arbeitsgebiet dem Hainlattich-Tannen-Buchenwald zu (Aposerido Fagetum). MAYER (1963, 1969, 1974) dagegen rechnet es zum "nördlichen Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiet - westlicher und mittlerer Wuchsbezirk nordtiroler und oberbayerische Kalkalpen".

2.2 Die Versuchsanordnung

2.21 Versuchsflächen und Versuchspartzellen

Im Sommer 1976 wurde ein Versuchsflächennetz im Lehrforstamt Ruhpolding in zunächst geschlossenen Altbeständen des Fichten-Tannen-Buchen-Mischwaldes eingerichtet. Die ganze Anlage besteht aus 9 Versuchsflächen, von denen sich jede aus mindestens einer, meistens aber mehreren Parzellen zusammensetzt. Die Parzelle bildet die wichtigste Versuchseinheit; sie besteht aus einer etwa 0,1 ha großen "Kernfläche", die von einem "Randstreifen" von 0,4 ha Größe umgeben ist. Auf jeder Parzelle wurde einer der folgenden waldbaulichen Zustände hergestellt:

Nummer der Parzelle	Bezeichnung	Art des Eingriffs in den Altbestand
0	Kontrolle	kein Eingriff
1	schwacher Schirmhieb	Entnahme von 30 % der Bestandesgrundfläche
2	starker Schirmhieb	Entnahme von 50 % der Bestandesgrundfläche
3	Kahlhieb	Entnahme des Altbestandes in einem Hieb unter Belassung weniger unterständiger Tannen
4	Femelhieb	Einschlag des Altbestandes auf einer kreisrunden Fläche von 30 m Durchmesser in sonst unberührtem Bestand. Die Befunde von diesem Parzellentyp bilden nicht Teil dieser Arbeit. Sie werden später in einer eigenen Publikation mitgeteilt werden.

Die 6 Versuchsflächen, die den hier bearbeiteten Teil der Versuchsanlage ausmachen, lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

Versuchsfläche Nr.	Bezeichnung	Art der zugehörigen Parzellen
1	Hauptversuch 900 m ü.NN	Kontrolle, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb, Kahlhieb (s. Abb. 2)
2	Hauptversuch 950 m ü.NN	Kontrolle, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb, Kahlhieb (s. Abb. 2)
3	Nebenversuch 800 m ü.NN	Kontrolle, starker Schirmhieb
4	Nebenversuch 1 200 m ü.NN	Kontrolle, starker Schirmhieb
5	Nebenversuch 900 m ü.NN Nordhang	Kontrolle, starker Schirmhieb
6	Nebenversuch 900 m ü.NN Südhang	Kontrolle, starker Schirmhieb

Die Befunde von diesen insgesamt 16 Parzellen bilden die Grundlage der vorliegenden Untersuchung. Die geographische Lage der 6 Versuchsflächen ist aus Abb. 1 ersichtlich.

2.22 Die Kernflächen

2.221 Einrichtungen zur Beobachtung der Naturverjüngung

Das Zentrum jeder Parzelle wird von der Kernfläche gebildet, die - wie schon erwähnt - eine Größe von etwa 1.000 m^2 hat. Jeder Baum des Altholzes darauf ist genau vermessen und numeriert. Sowohl die waldbauliche Ausgangslage, der Zustand des Altholzes nach den Eingriffen als auch dessen ertragskundliche Entwicklung sind dadurch genau bekannt bzw. können in Zukunft erfaßt werden. In dieser Arbeit wird darauf nur eingegangen werden, soweit das zur Charakterisierung jeder Parzelle nötig ist. Auf der Bodenoberfläche wurden Einrichtungen zur Beobachtung der Verjüngungsabläufe installiert (s. Abb. 3).



Abb. 1: Geographische Lage der einzelnen Versuchsflächen im Bereich des Lehrforstamtes Ruhpolding.

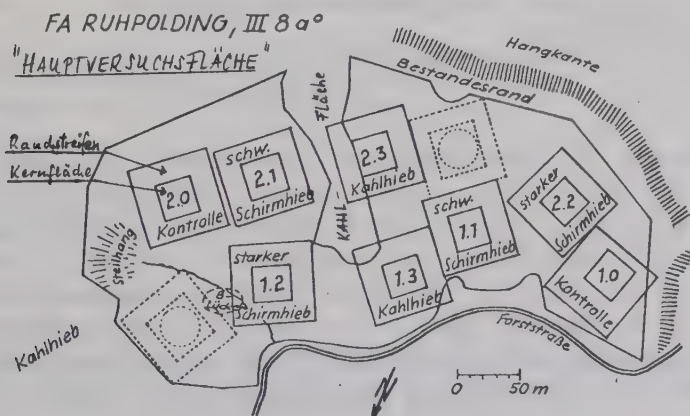


Abb. 2: Die Lage der Parzellen auf der Hauptversuchsfläche.
(Gestrichelt dargestellt: die in dieser Arbeit nicht berücksichtigten Femelhiebparzellen.)

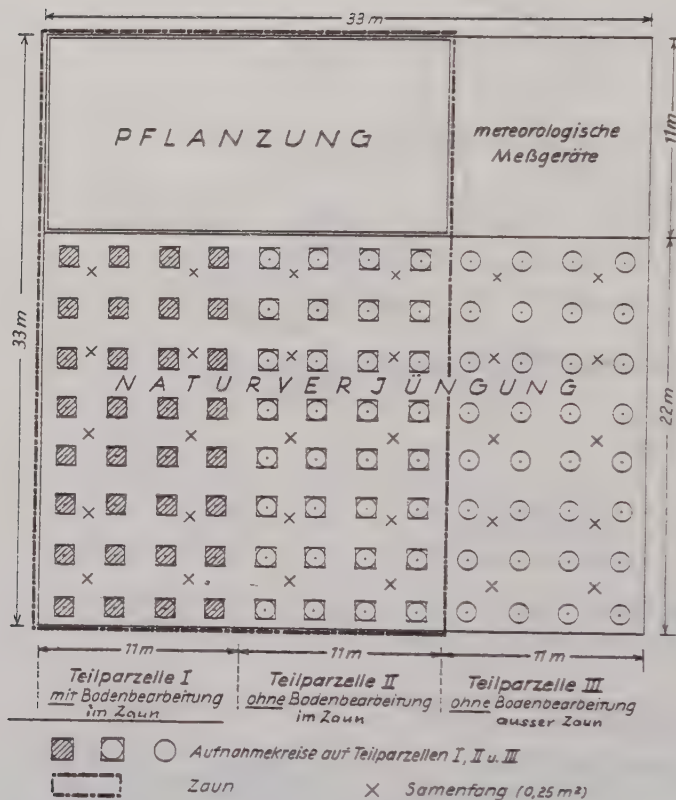


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Kernfläche.

Zum einen handelt es sich dabei um 30 systematisch verteilte, je 0,25 qm große "Fangkästen" für die Baumsamen. Sie werden seit Versuchsbeginn Anfang September 1976 regelmäßig zur Bestimmung von Zahl und Qualität der Baumsamen geleert. Die dabei gewonnenen Befunde befinden sich in Bearbeitung (VELTSISTAS, 1980); für die vorliegende Arbeit genügt es, sie summarisch mitzuteilen (s. Kap. 3.231).

Zum anderen wurden, ebenfalls in regelmäßiger Verteilung, Aufnahme-
flächen für die Beobachtung der Verjüngung angelegt. Sie sind einen
Quadratmeter groß und kreisrund; ihre Bezeichnung im Text lautet
deshalb "Probekreise". Insgesamt gibt es pro Kernfläche jeder Par-
zelle 96 solcher Probekreise. 64 davon befinden sich innerhalb eines
absolut wildsicheren Zaunes; auf ihnen kann sich also die Verjün-
gung ohne Beeinträchtigung durch Wild- oder Weidetiere entwickeln.
Weitere 32 Probekreise liegen dagegen unter sonst gleichen Bedin-
gungen außerhalb des Zaunes, hier ist der Zugang für Wild- und
Weidetiere ungehindert (= Teilparzelle III)⁺⁾ .

Aus dem Vergleich der Befunde auf den beiden Gruppen von Probekrei-
sen soll auf die Beeinflussung der Abläufe durch Wild- und Weide-
vieh geschlossen werden. Die 64 Probekreise innerhalb des Zaunes
sind noch einmal in 2 Gruppen zu je 32 Einheiten unterteilt worden.
Die Probekreise der einen dieser Gruppen haben keine Veränderung
der Bodenoberfläche erfahren (= Teilparzelle II). Die der zweiten
Gruppe dagegen wurden im Spätsommer 1976, also zu Versuchsbeginn,
zur Vermischung von organischer Auflage und Mineralboden intensiv
mit Handhacken durchgearbeitet (= Teilparzelle I).

Jeder einzelne Probekreis ist in seinem Zentrum durch einen Eisen-
stab markiert. Auf diesen Eisenstab kann über eine Öse ein, in vier
Quadranten geteilter, ein Quadratmeter großer Aufnahmekreis aus
starkem Eisendraht gelegt werden, der eine genaue Abgrenzung des
Probekreises bei jeder Aufnahme gewährleistet (Abb. 4).

Die auf den Kernflächen, den Samenfängen und Probekreisen gemach-
ten und für diese Arbeit wesentlichen Aufnahmen sind in Tab. 1
zusammengestellt.

+) Auf der Kontrollparzelle 4.0 in 1.200 m ü.NN konnten aus Platz-
gründen lediglich 64 Probekreise untergebracht werden. Hier
wurde auf die 32 Probekreise außer Zaun verzichtet.

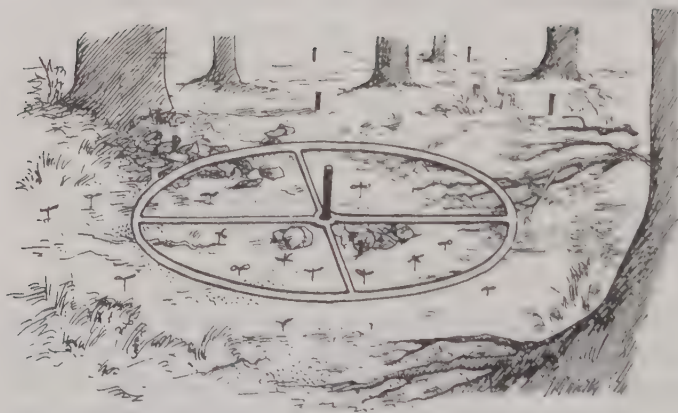


Abb. 4: Aufnahmekreis aus Eisendraht mit einer Innenfläche von einem Quadratmeter.

2.222 Einrichtungen zur Untersuchung der künstlichen Verjüngung; Bioklimatologische Meßstation

Ein 11 x 22 m großer Teil der Kernfläche (Abb. 3) wurde zur Untersuchung der künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes reserviert. Darauf sind im Frühjahr 1977 Pflanzen der Baumarten Buche, Bergahorn, Lärche, Fichte und Tanne ausgepflanzt worden. Deren Entwicklung wird seitdem regelmäßig verfolgt. Auf diesen Teil des Versuchsprogramms wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter eingegangen. Es genügt daher, diese Tatsache hier mitzuteilen.

Einrichtung	Parzellennummer	Erhebung durch	Art der Auswertung im Beobachtungszeitraum 1976 - 1978 (1979)
Parzellen	1.0 - 6.2	A	Periodische Erfassung der Mäusedichte durch Fallenfang von Juni 1976 bis November 1978 (STÖLP, 1978; FEULNER, 1979; BÄUMLER, HOHENADL, 1980)
Parzellen	1.0 - 6.2	A	Bestandesaufnahmen vor und nach den waldbaulichen Eingriffen (ZWIRGELMEIER, 1977)
Parzellen	1.0 - 6.2	A	Bioklimatische Messungen: Niederschläge, Schneeverhältnisse, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Bodentemperatur in 2,5 und 10 cm Tiefe (nur auf den Parzellen 1.0, 1.1, 1.3) sowie Globalstrahlung (nur Parzellen 1.0, 1.2, 1.3) (MAYER, 1978, 1979, 1980, 1981; BERTHOLD, 1980)
Parzellen	1.0 - 6.2	B	Bestimmung des Überschirmungsprozents (= Beschirmungsgrad) durch 196 Punktstichproben je Parzelle
Samenfänge	1.0 - 6.2	A	18 Leerungen, Ermittlung der Samendichten und Bestimmung der Samenqualität (VELTSISTAS, 1980)
Probekreis	1.0 - 6.2	B	Bestimmung der relativen Beleuchtungsstärke mit Belichtungsmeßgeräten für jeden Probekreis
Probekreis	1.0 - 6.2	B	Bestimmung von probekreisbezogenen Grunddaten, wie: Anteil der durch Verjüngungspflanzen nicht besiedelbaren Probekreisfläche; Bedeckungsprozent der Konkurrenzvegetation 1977 und 1978; Neigung des Probekreises; Exposition; Spezies des den Probekreis beeinflussenden Schirmbaumes; Zustand der Streuauflage; Vorhandensein von Stockachseln; Besonderheiten
Probekreis	1.0 - 6.2	B	"Periodische Aufnahme" (Stichtag: 1. Juli, 1. Oktober) - Bestimmung der Verjüngungsdichte, Erfassung der Ausfälle von Verjüngungspflanzen und deren Ursachen sowie der Schäden an lebenden Pflanzen - Erfassung der Sproßlängen der Keimlinge 1977, 1978, deren Entwicklungsstand und der Längenzuwächse einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978
Probekreis	1.0, 1.1, 2.2, 1.3, 4.0, 4.2, 5.0, 5.2, 6.0, 6.2	B	"Permanentaufnahmen" (13 Termine/Jahr) - Bestimmung der Zugangs- und Abgangszahlen sowie der Ausfallursachen in den Jahren 1977 und 1978 in der Zeit vom 15.3. bis 1.10. sowie am 1.5.1979

Tab. 1: Erhebungen und Auswertungen auf den Parzellen.

(A = Ergebnisse anderer Autoren; B = eigene Erhebungen)

Ein weiterer, 11 x 11 m großer Flächenteil diente zur Aufstellung bioklimatologischer Meßgeräte. Sie ermöglichten eingehende Aufnahmen von Niederschlägen, der Schneeeverhältnisse, der Temperaturen, Luftfeuchten und Strahlungsverhältnisse. Die Ergebnisse der bioklimatologischen Messungen, die im Rahmen der Aktivitäten des Lehrstuhls für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie der Universität München ausgeführt oder angeleitet worden sind, werden in der Folge in kurzer Form mitgeteilt. Sie dienen der Interpretation der eigenen Befunde.

2.3 Die Standorte

Die Bodenansprache erfolgte mit Hilfe von zwei Bodeneinschlägen pro Parzelle zu Versuchsbeginn. Davon repräsentierte einer jeweils den besten und der andere den ärmsten Kleinstandort. Zu gleicher Zeit wurde die vegetationskundliche Charakterisierung der Parzellen vorgenommen⁺⁾ . Die so erarbeiteten standörtlichen Eigenarten der Versuchsflächen und Parzellen sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Danach gehören die zwischen 800 und 950 m Höhe gelegenen Versuchsflächen zum "buchenreichen Alpendost-Fichten-Tannen-Buchenwald". In den höheren Lagen werden Übergänge zum "Fichten-Tannenwald" erkennbar (FELDNER, 1978).

Braunerden, Terra-fuscen und Lehmrendzinen, oft mit hohem Skelettanteil, sind das Ergebnis der Bodenentwicklung auf den Versuchsflächen. Mäßige Frische, aber auch Frische, charakterisieren deren Wasserhaushalt. Und da - in der Tabelle nicht erwähnt - Mull und moderartiger Mull als Auflagehumus vorherrschen, kann der Bodenzustand insgesamt auf allen Versuchsflächen als ausgesprochen günstig für den Wald und seine Entwicklung bezeichnet werden.

⁺⁾ Ich danke Dr. K. FOERST für seine Unterstützung bei der Beschreibung der Bodenprofile und Dr. R. FELDNER für die pflanzensoziologischen Aufnahmen der Parzellen.

Versuchs- fläche	Höhe ü. NN m	Exposi- tion	Pflanzen- assoziation	Behandlung des Altbestands (Parz. Nr.)	Hang- neigung Grad	Bodenform (Bodentyp, Gründigkeit, Bodenart, Wasserhaushalt)
Haupt- versuch	900 bis 950	NW	Adenostylo glabrae- Abieti- Fagetum	Kontrolle (1.0)	20	Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial; flach- bis tiefgründig; schluffiger Lehm über stark steinigem, tonigem Lehm; mäßig frisch bis frisch.
				schw.Schirmh. (1.1)	24	Terra fusca aus Hauptdolomit; flach- bis mittelgründig; steinig-toniger Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch.
				st.Schirmh. (1.2)	22	Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial; flach- bis tiefgründig; toniger Lehm, mehr oder weniger skelettreich; mäßig trocken bis mäßig frisch.
				Kahlhieb (1.3)	24	Braunerde-Terra fusca, schwach pseudovergletzt aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke; flach- (bis mittel-) gründig; schluffiger Lehm über steinig-tonigem Lehm; mäßig frisch bis schwach wechselfeucht.
				Kontrolle (2.0)	31	Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt; flach- bis mittelgründig; skelettreicher, toniger Lehm; mäßig frisch.
				schw.Schirmh. (2.1)	28	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt bzw. über anstehendem Hauptdolomit; flachgründig; skelettreicher Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch.
				st.Schirmh. (2.2)	20	Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial; flach- bis tiefgründig; schluffiger Lehm über stark steinigem, tonigem Lehm; mäßig frisch bis frisch.
800 m	800	NW	Adenostylo glabrae- Abieti- Fagetum	Kontrolle (3.0)	12	Lehmrendzina über anstehendem, klüftigem Wettersteinkalk oder Terra fusca aus Wettersteinkalk (bzw. Hauptdolomit); mittelgründig; mergeliger Humuskarbonatboden oder toniger Lehm; mäßig frisch.
				st.Schirmh. (3.2)	19	
1200 m	1250	NW	Adenostylo glabrae- Abietetum	Kontrolle (4.0)	25	Braunerde aus Hauptdolomit; flach- bis mittelgründig; skelettreicher Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch.
				st.Schirmh. (4.2)	28	Lehmrendzina aus Hauptdolomit; flachgründig; Humuskarbonatboden, z.T. mit Tangelhumus; mäßig trocken bis mäßig frisch.
Nord	900	N	Adenostylo glabrae- Abieti- Fagetum	Kontrolle (5.0)	31	Lehmrendzina bis Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt; mittelgründig; kleinflächiger Wechsel zwischen stark skelettreichem Hangschutt (Lehmrendzina) und feinerdereichem Hangschutt (Terra fusca); mäßig frisch bis frisch.
				st.Schirmh. (5.2)	31	
Süd	900	S	Adenostylo glabrae- Abieti- Fagetum	Kontrolle (6.0)	22	Lehmrendzina aus skelettreichem Hauptdolomit-Hangschutt in kleinflächigem Wechsel mit Terra fusca i.d.R. aus feinerdereichem Hauptdolomit-Hangschutt bzw. anstehendem Hauptdolomit mit schluffiger Decke; flach- bis mittelgründig; lehmiger Humuskarbonatboden oder toniger Lehm; mäßig trocken bis frisch.
				st.Schirmh. (6.2)	27	

Tab. 2: Standörtliche Charakteristika der einzelnen Versuchs-
parzellen.

2.4 Witterungsablauf im Untersuchungsgebiet

Zur allgemeinen Kennzeichnung der Witterung sollen die langjährigen Niederschlags- und Temperaturmittel der drei nächstgelegenen Klimahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes, Bad Reichenhall, Kotzing und Reit im Winkl, mit den monatlichen Mittelwerten in der Zeit von 1976 bis 1979 verglichen werden. Die genauen Zahlen finden sich im Anhang, wie auch die Witterungsmerkmale für Süddeutschland. Beide wurden dem monatlichen Witterungsbericht für Südbayern (herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst - Wetteramt München) entnommen. An dieser Stelle mag ein Abriß des Wetterverlaufs genügen, zumal im Zuge der Betrachtung der Ausfälle an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen ohnedies nochmals auf Besonderheiten der Witterung eingegangen werden wird.

Die Wetterbilanz von 1976 weist ein Jahr der Gegensätze auf. Einem kalten, niederschlagsarmen Winter folgte eine zu warme und zu trockene Periode. August und September waren weitaus zu kühl, der Oktober erheblich zu trocken und zu mild, der Dezember wiederum wesentlich zu kalt.

Das Jahr 1977 zeichnete sich durch einen milden, schneearmen Winter aus und einen zu kalten und extrem feuchten April. Der Mai war zu trocken, der Sommer etwas zu kühl und niederschlagsreich, der Oktober wiederum zu mild und erheblich zu trocken.

Ausgesprochen schneearm war der Winter 1977/78, die Temperaturen lagen meist über dem langjährigen Mittel. Frühjahr, Sommer und Herbst waren kalt und sonnenscheinarm, Mai, Juni, September und Oktober darüber hinaus noch zu feucht.

Der Winter 1978/79 zeichnete sich bis auf den Monat Januar durch zu warme Temperaturen und geringe Niederschläge aus. Erst im März und April 1979 fielen überdurchschnittlich hohe Niederschläge.

Insgesamt gesehen war der Witterungsablauf in der genannten Beobachtungsperiode gekennzeichnet durch kühle, feuchte Sommer mit milden, niederschlags- bzw. schneearmen Wintern.

In der Literatur wird die Fruktifikation der Waldbäume häufig mit der Vorjahreswitterung, insbesondere mit überdurchschnittlich trockenen und warmen Frühsommern, in Verbindung gebracht (Zusammenstellung der einschlägigen Literatur in ROHMEDER, 1972). Diese Beziehung

könnte auch anhand der vorliegenden Witterungsverläufe und den Befunden über die Samenproduktion von VELTSISTAS, 1980, abgelesen werden. Dem reichlichen Fruchtansatz von Fichte und Buche im Jahr 1977 ging im Vorjahr ein warmer, trockener Frühsommer voraus. Die gleiche Periode war in den Jahren 1977 und 1978 eher zu kühl und feucht; wohl deshalb wurden in den darauf folgenden Jahren 1978 und 1979 keine oder kaum nennenswerte Mengen von Samen gebildet.

2.5 Struktur und Aufbau der Altbestände

Das ganze Versuchsgebiet liegt im ehemals forstlich intensiv genutzten Einzugsbereich der Salinen Reichenhall und Traunstein (BÜLOW, 1962). Die Versuchsparzellen wurden in ausreichend große, geschlossene Mischbestände ohne fortgeschrittene Bodenvegetations- bzw. Verjüngungsentwicklung gelegt, deren Entstehung in die Salinenzeit zurückreicht. Alle Flächen sind waldweidebelastet.

Die Bestände waren vor den Hiebsmaßnahmen - auch innerhalb einer Versuchsfläche - sehr unterschiedlich aufgebaut. Darin äußert sich eine Eigenart des Bergmischwaldes, der sich auch auf kleinen Flächen als eine nach Baumartenzusammensetzung, Stufigkeit und Entwicklungsstand außerordentlich inhomogene Bestockung darstellt. Die Vorräte der geschlossenen Altbestände lagen meistens unter den Werten naturnaher Mischbestände im Kalkbereich, die MAGIN und BÜLOW mit rd. 500 Vfm/ha angeben. PREUHSLER (1979) untersuchte im Forstamt Kreuth ebenfalls kalkalpine ehemalige Salinenbestände. Dort ergaben sich sogar Vorräte in geschlossenen Altbeständen zwischen 567 und 915 Vfm/ha, dies allerdings bei einem durchschnittlichen Baumartenanteil an der Grundfläche von 71 % Fichte, 10 % Tanne, 13 % Buche und 6 % Bergahorn und sonstigem Laubholz. Die Anteile der Baumarten an der Grundfläche auf den eigenen Versuchsflächen waren dagegen durchaus mit Befunden aus naturnahen Beständen vergleichbar (Tab. 3).

Untersuchung bzw. Veröffentlichung	Baumartenanteile			
	Fichte	Tanne	Buche	Ahorn, Lärche, Vogelb., Mehlb.
Hauptversuch Ruhpolding	35	26	33	6
MEISTER, 1969	45	20	35	-
BÜLOW, 1962	50	15	35	-
MAGIN, 1959	49	23	22	6

Tab. 3: Anteile der Baumarten an der Grundfläche von Altbeständen im Bergmischwald nach den Ergebnissen verschiedener Autoren.

Zur Charakterisierung der Versuchsbestände sind in Tab. 4 die wichtigsten ertragskundlichen Daten für jede Parzelle angeführt, wie sie nach der Durchführung der Hiebe ermittelt wurden. Wie bereits erwähnt, wurde die Eingriffsstärke über die Bestandesgrundfläche gesteuert, und zwar durch 30 % Entnahme beim schwachen und 50 % beim starken Schirmhieb - jeweils bezogen auf die Bestockung vor dem Hieb. Die Eingriffe wurden so geführt, daß eine ausreichende Zahl gut entwickelter Samenbäume aller vorkommenden Baumarten möglichst gleichmäßig über die Fläche verteilt erhalten blieb. Zur Verbesserung der Belichtung am Boden mußten die unter- und zwischenständigen Buchen nahezu komplett entnommen werden. Gleichzeitig diente der Hieb dazu, die große Unterschiedlichkeit in den Baumartenzusammensetzungen von Parzelle zu Parzelle durch gezielte Entnahme der besonders häufig vertretenen Baumarten zu mildern. Wie ZWIRCELMEIER (1977) dargelegt hat, konnte die unterschiedliche Struktur der Versuchsbestände in der Ausgangslage jedoch dadurch keineswegs völlig beseitigt werden. Am Beispiel einiger Parzellen aus der Hauptversuchsfläche (Abb. 5) sei dargelegt, daß die Eingriffe zwar nur bedingt zur Vereinheitlichung des Baumartenanteils führten, daß sie aber die Bestockungsdichte und den Beschirmungsgrad und damit auch die Belichtungsverhältnisse - sehr wohl im Sinne der Zielsetzung des Versuchs - einstellten.

2.6 Beschirmung und Beleuchtung

In Anlehnung an Untersuchungsmethoden aus der umfangreichen Literatur über die Lichtverhältnisse in Wäldern (SAUBERER, HÄRTEL, 1959; MITSCHERLICH et al., 1967; BRECHTEL, 1962; BURSCHEL, SCHMALZ, 1965; RÖHRIG, 1967; HUSS, 1971; LUFT, 1973; EBER, 1972; MÜLLER-USING, 1973) wurden entsprechende Aufnahmen auf den eigenen Versuchsflächen gemacht, und zwar durch Bestimmung der folgenden Größen: Beschirmungsgrad, relative Beleuchtungsstärke und Globalstrahlung.

Versuchs- fläche	Durch- schn. Alter Jahre	Behandlung des Altbestands	Par- zelle Nr.	Ober- höhe Fi m	Gesamtbestand			Baumartenanteil												
					Stamm- zahl St/ha	Grund- fläche m ² /ha	Vorrat Vfm/ha	Beschir- mungs- grad %	Stammzahl					Grundfläche						
									Fi	Lä	Ta	Bu	Ah	WLH	Fi	Lä	Ta	Bu	Ah	WLH
Haupt- versuch	110	Kontrolle	1.0	27,5	954	42	446	68	21	1	32	33	10	3	34	5	32	19	8	3
		schw.Schirmh.	1.1	30,6	551	31	352	56	37	-	35	20	5	3	44	-	34	14	5	3
		st.Schirmh.	1.2	30,6	450	24	278	49	14	-	49	29	8	-	32	-	35	23	10	-
		Kontrolle	2.0	21,8	1148	35	278	76	34	-	17	48	-	1	43	-	16	40	-	1
800 m NW	105	schw.Schirmh.	2.1	23,9	587	26	243	60	44	2	27	25	1	1	49	1	30	14	2	4
		st.Schirmh.	2.2	27,7	249	19	219	39	11	-	52	26	11	-	13	-	67	15	5	-
1200 m NW	120/ 280	Kontrolle	3.0	27,9	992	51	550	80	55	-	20	25	-	-	81	-	11	8	-	-
		st.Schirmh.	3.2	27,1	284	20	212	42	39	-	39	19	3	-	55	-	30	11	4	-
Nord 900 m	105	Kontrolle	4.0	30,0	648	40	420	80	13	17	8	60	2	-	24	27	15	33	1	-
		st.Schirmh.	4.2	24,8	266	17	151	43	31	7	21	7	34	-	56	6	20	16	2	-
Süd 900 m	170	Kontrolle	5.0	25,9	854	48	498	80	66	-	7	27	-	-	80	-	6	14	-	-
		st.Schirmh.	5.2	27,6	257	23	262	45	54	3	18	18	7	-	58	10	11	13	8	-
Süd 900 m	170	Kontrolle	6.0	26,5	890	44	427	86	20	-	23	45	11	1	22	-	30	35	12	1
		st.Schirmh.	6.2	23,4	349	20	181	51	31	-	32	26	11	-	43	-	33	17	7	-

Tab. 4: Ertragskundliche Daten der verbleibenden Bestände auf den Versuchspartzellen.
(Stand: Herbst 1976)

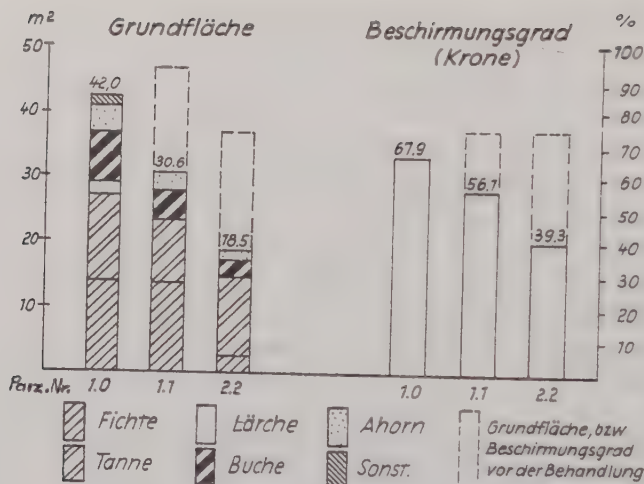


Abb. 5: Grundflächen und Beschirmungsgrade einer Kontroll- (1.0), einer schwachen Schirmhieb- (1.1) und einer starken Schirmhiebparzelle (2.2) auf der Hauptversuchsfläche.
(Stand: 1976 nach dem Eingriff)

Der Beschirmungsgrad bzw. das Beschirmungsprozent wurde mit Hilfe von 196 systematisch über die Kernfläche verteilten Dachlotmessungen ermittelt, wobei im Fadenkreuz des senkrecht nach oben peilenden Fernrohres abgesehen wurde, ob der Punkt überschirmt war oder nicht. Aus Tab. 5 ist zu ersehen, daß der Beschirmungsgrad in geschlossenen Altbeständen um 80 % lag. Dieser Wert entspricht recht gut den Befunden von PREUHSLE, der allerdings mit Kronenschirmflächen rechnete und in seinen geschlossenen Altbeständen Werte zwischen 66,5 bis 87,7 % ermittelte, wobei deren Höhe letzten Endes vom Buchenanteil abhing.

Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Beschirmungs- grad %	relative Beleuchtungsstärke (%)				Anzahl Probekreise St
			Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard- fehler	
Kontrolle	1.0	68	8	3	12	2,4	96
	2.0	76	6	4	10	1,9	96
	3.0	80	5	3	9	2,2	96
	4.0	80	10	6	17	3,0	64
	5.0	80	5	3	7	1,7	96
	6.0	86	4	2	7	2,3	96
schwacher Schirmhieb	1.1	56	22	15	28	0,9	96
	2.1	60	21	14	28	1,5	96
starker Schirmhieb	1.2	49	25	12	34	1,9	96
	2.2	39	39	31	47	1,0	96
	3.2	42	40	32	49	1,0	96
	4.2	43	36	20	45	1,1	96
	5.2	45	34	18	46	1,9	96
	6.2	51	27	14	38	1,7	96

Tab. 5: Beschirmungsgrad und relative Beleuchtungsstärke im Inneren verschieden behandelter Bestände des Bergmischwaldes bei Außenhelligkeiten zwischen 15 - 30 Kilolux.

Das Standardfehlerprozent der eigenen Beschirmungsmessungen ist sehr gering. Es läßt sich auf zweierlei Art herleiten: nach der Binomialformel⁺⁾ errechnete es sich mit 3,1 %, und nach der Formel von LOETSCH, ZÖHRER und HALLER, 1973,⁺⁺⁾ ergab sich ein Wert von 1,4 %.

$$+) S \% = 100 ([1-P]/n)^{0,5}$$

wobei ist: S = Standardfehler des Kronenanteils P;
P = Anteil der überschirmten Fläche an der Gesamtfläche in Dezimalteilen von 1; P = n/N;
N = Gesamtzahl der Dachlotmessungen (= 196 St.);
n = Anzahl der Treffer "Krone".

$$++) \log S \% = 1,782 - 0,76 \log m$$

wobei ist: S % = Standardfehler in % der abzuschätzenden Fläche;
m = Erwartungswert für Punkttreffer "Krone".

Durch den schwachen Schirmhieb wurde das Beschirmungsprozent auf 58 % reduziert und durch den starken auf 39 bis 51 %. Geht man davon aus, daß das Beschirmungsprozent 80 in den Untersuchungsbeständen den vollen Kronenschluß charakterisiert, so liegt die Reduktion durch die Eingriffe bei 31 % für den schwachen und bei gut 50 % bei dem starken Schirmhieb. Das aber entspricht ziemlich genau den Eingriffsstärken, ausgedrückt als Grundflächenreduktion.

Die relative Beleuchtungsstärke wurde mit Hilfe von zwei Selen-Fotoelementen bestimmt (Luxmeter der Fa. Metrawatt, Nürnberg). Die insgesamt 1504 Meßpunkte lagen 20 cm über dem jeweiligen Probekreismittelpunkt. Das Gerät auf der Parzelle wurde gleichzeitig (Funkkontakt) mit dem zweiten auf der nächstgelegenen Freifläche abgelesen. Alle Messungen fanden im Juli 1978 mittags zwischen 11.00 und 13.00 Uhr an Tagen mit gleichmäßiger Bewölkung bei Außenhelligkeiten zwischen 15 und 30 Kilolux statt. Die ermittelten Durchschnittswerte und deren Standardfehler sind in Tab. 5 parzellenweise den entsprechenden Beschirmungsgraden gegenübergestellt. Die ermittelten Beleuchtungswerte lassen wieder klar den Effekt der Hiebsmaßnahmen erkennen; liegen die Werte auf den unbehandelten Parzellen zwischen 4 und 8 % (die etwas größere Beleuchtungsstärke auf der Parzelle 4.0 ist auf den größeren Anteil der lichtdurchlässigen Lärche dort zurückzuführen), so wurden nach dem schwachen Schirmhieb gut 20 % und nach dem starken zwischen 25 und 40 % der Außenhelligkeit gemessen. Nach den dazu in der Literatur veröffentlichten Daten (Zusammenstellung bei MITSCHERLICH, 1971) dürften die Lichtverhältnisse in den geschlossenen Beständen allenfalls Jungpflanzen von Tanne und Buche Überlebenschancen für einige Jahre geben, während auf den Schirmhiebflächen Entwicklungsmöglichkeiten auch für etwas lichtanspruchsvollere Arten bestehen müßten.

Die Abb. 6 zeigt anhand der prozentualen Häufigkeit relativer Beleuchtungsstärken noch einmal sehr deutlich die Unterschiede zwischen den geschlossenen und verschieden stark aufgelichteten Beständen. Darüber hinaus vermittelt sie aber auch einen optischen Eindruck von den Lichtverteilungsmustern bei unterschiedlicher Behandlung des Altbestandes. Die Variationsbreite der vorkommenden Beleuchtungsstärke wird mit Öffnung des Kronendachs immer größer.

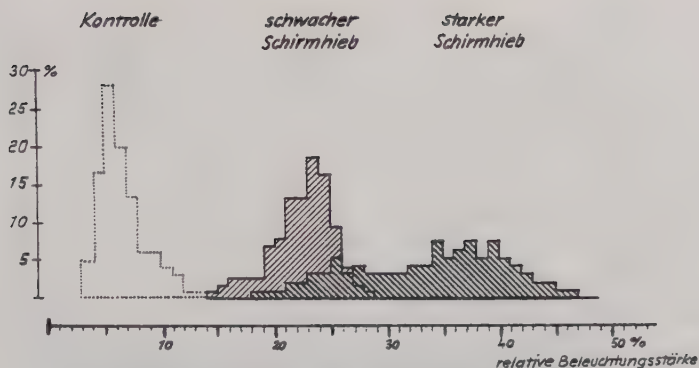


Abb. 6: Prozentuale Häufigkeiten der relativen Beleuchtungsstärken im Innern verschieden behandelter Bestände des Bergmischwaldes.

(Zugrundegelegt wurden sämtliche Probekreise, die Klassenbreite ist 1 Prozent.)

Die Globalstrahlung wurde kontinuierlich mit drei geeichten Sternpyranometern der Fa. Schenk, Wien, gemessen, deren Meßfühlerfläche horizontal ausgerichtet war. Sie vermittelt eine Vorstellung von dem absoluten Strahlungsangebot in Bodennähe, das sich aus direkter Sonnen- und diffuser Himmelsstrahlung zusammensetzt. Die Dauerregistrierung gibt außerdem einen besseren Eindruck von den strahlungs- und damit auch lichtökologischen Bedingungen für die Verjüngungspflanzen als das die Punktmessung mit Beleuchtungsmeßgeräten allein vermag. Die außerordentlich prägnante Änderung der Strahlungsverhältnisse auf den waldbaulich unterschiedlich behandelten Versuchspartzellen ist aus der Abb. 7 zu ersehen. Sehr gut geht daraus auch hervor, daß die absoluten Unterschiede im Strahlungsgenuß auf den Partzellen mit zunehmender Strahlungsstärke immer größer werden.

Die bedeutsamen ökologischen Wirkungen der auf den Versuchspartzellen eingestellten waldbaulichen Zustände kommen in den relativen Häufigkeiten aller Globalstrahlungs-Tagessummen besonders gut zum Ausdruck. Sie werden in Tab. 6 mitgeteilt. Demnach werden die Verjüngungspflanzen auf der vollbeschrifteten Kontrollpartzelle von 15 bis 294 J/cm², meistens jedoch von weniger als 100 J/cm² pro Tag erreicht, wohingegen es auf der Kahlfläche meist mehr als 1.000 J/cm² (60 bis 2.650) sind. Die Tagessummen auf den starken Schirmhiebpartzellen bewegten sich mit 60 bis 700 J/cm² dazwischen.

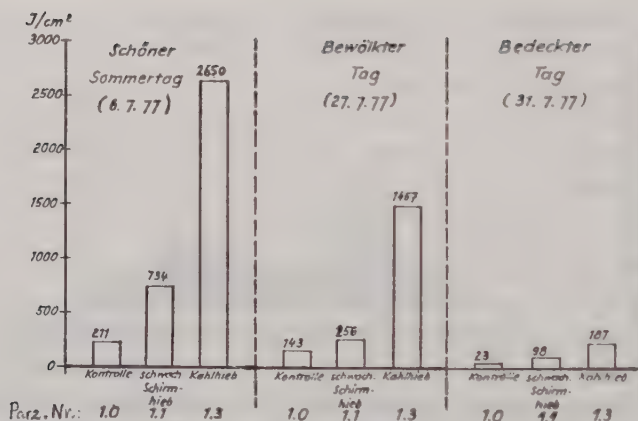


Abb. 7: Tagessummen der Globalstrahlung an 3 ausgewählten Tagen bei unterschiedlichen Beschirmungsverhältnissen auf der Hauptversuchsfläche.

Tagessumme der Globalstrahlung J/cm^2	Behandlung des Altbestandes (Parzellen Nr.)		
	Kontrolle (1.0)	st. Schirmh. (1.2)	Kahlhieb (1.3)
- 99	54	8	1
100 - 199	40	30	6
200 - 299	6	26	4
300 - 399		18	6
400 - 499		8	5
500 - 599		4	4
600 - 699		5	6
700 - 799		1	3
800 - 899			8
900 - 999			4
1000 - 1500			24
> 1500			29

Tab. 6: Relative Häufigkeiten der Tagessumme der Globalstrahlung (J/cm^2) auf verschieden beschirmten Parzellen während der Vegetationszeit 1977.

TURNER, 1966, hat bei seinen Messungen der Fotosynthese von Zirben festgestellt, daß bei einer Globalstrahlung von weniger als 14 W/m^2 ⁺⁾ die Stoffbilanz negativ wird. Das heißt, bis zu einem Kompensationspunkt von 14 W/m^2 war der Atmungsverlust größer als der Assimilationsertrag. Dieses unter hochalpinen Verhältnissen (2.155 m ü.NN) für Zirbe bestimmte Ergebnis kann sicherlich nur bedingt auf die Baumarten des Bergmischwalds in 1.000 m Höhe übertragen werden. MAYER, 1981, stellt in Abb. 8 den Tagesgang der Globalstrahlung an einem bedeckten Tag (15. 6. 1977) auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Überschirmung dar, wobei die Halbstunden-Mittelwerte auf aktuellen 6-Minuten-Werten basieren. Aus den Kurven ließe sich unter Annahme eines ähnlich niedrigen Kompensationspunktes wie bei der Zirbe folgern, daß zumindest an bedeckten Tagen auf den dicht überschirmten Kontrollparzellen zu keinem Zeitpunkt eine positive Stoffbilanz möglich ist und auch auf der starken Schirmhiebparzelle der Kompensationspunkt nur zeitweise überschritten wird.

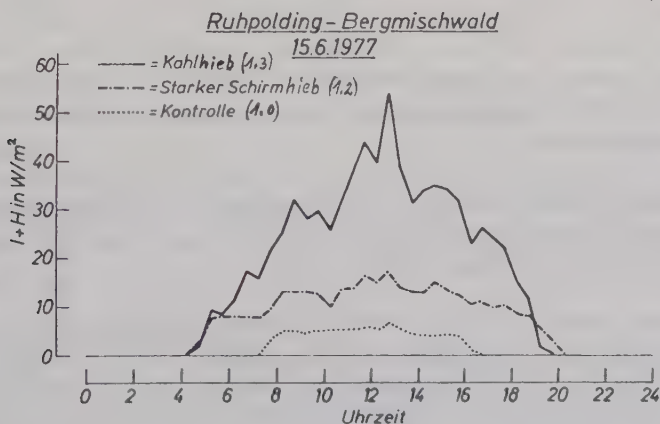


Abb. 8: Tagesgang der Globalstrahlung in 1 m Höhe über dem Waldboden auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche an einem bedeckten Tag.
(MAYER, 1981)

⁺⁾ 1 W/m^2 entspricht $0,006 \text{ J/cm}^2 \cdot \text{min.}$

2.7 Temperatur

Da die Wärmeverhältnisse auch teilweise von der Globalstrahlung gesteuert werden, ist es nicht verwunderlich, daß die Temperaturen auf den Versuchsparzellen am Tage eine ähnliche Abhängigkeit von der Überschirmung erkennen lassen wie diese. Und da in der Nacht auf den bestockten Flächen ein Ausstrahlungsschutz durch die Überschirmung besteht, muß sich die Situation dann umkehren. Die Darstellung der Abb. 9 macht ganz deutlich, daß die Verhältnisse in der Tat so sind.

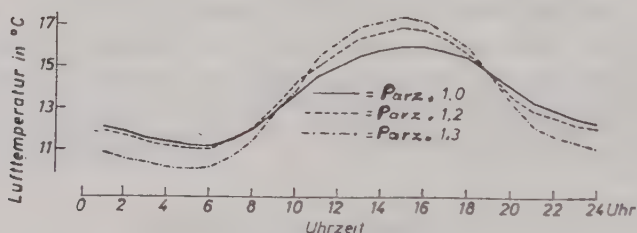


Abb. 9: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur in der Vegetationszeit 1977 in Abhängigkeit von der Überschirmung.
(MAYER, 1979)

Die stärkste Erwärmung untertags, aber auch die höchste Ausstrahlung nachts, wies die Kahlhiebparzelle auf; besonders ausgeglichene Verhältnisse dagegen die Kontrollparzelle.

Einen wesentlichen Einfluß auf den Keimvorgang sowie auf das gesamte Bodenleben übt die Bodentemperatur aus. MAYER, 1979, verglich die mittleren Tagesgänge der Bodentemperaturen in den Tiefen 2, 5 und 10 cm im Juli 1977 auf einer Kahlhieb- mit denen auf einer Kontrollparzelle (Abb. 10).

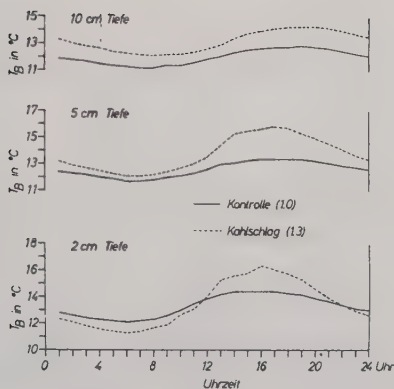


Abb. 10: Mittlere Tagesgänge der Bodentemperaturen T_B auf verschiedenen Flächen im Juli 1977.
(MAYER, 1979)

Danach übertrugen sich die Temperaturverhältnisse in den bodennahen Luftschichten erwartungsgemäß auch auf die oberste Bodenschicht; so waren die mittleren Tagesgänge in 2 cm Bodentiefe entsprechend den unterschiedlichen Ein- und Ausstrahlungsmöglichkeiten geprägt: Auf den Kahlhiebsparzellen überstiegen die Temperaturen untertags die Werte der Schirmvarianten, nachts lagen sie jedoch deutlich darunter. In den Tiefen 5 und 10 cm dagegen war die Bodentemperatur auf der Kahlhiebsparzelle durchwegs höher als unter der dicht überschirmten Kontrollparzelle.

2.8 Feuchtigkeitsverhältnisse

Die Niederschlagsmengen wurden auf allen Parzellen in der frostfreien Periode von Mai bis Oktober wöchentlich mit Hellmann-Regenmessern gemessen. Abb. 11 enthält einen Auszug aus den 1977 und 1978 ermittelten Werten.

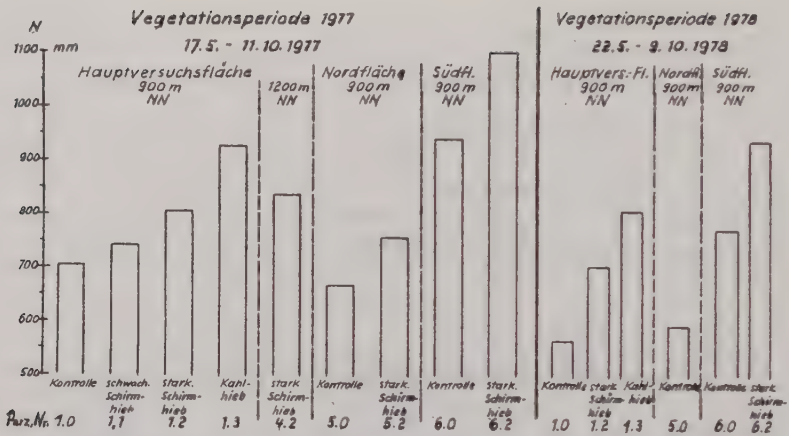


Abb. 11: Niederschlagssummen auf Versuchsflächen unterschiedlicher Höhenlage und Exposition.

Danach erwies sich für das Untersuchungsgebiet die Meßperiode 1977 deutlich niederschlagsreicher als 1978, obwohl die nächstgelegenen amtlichen Wetterstationen in beiden Jahren für die Periode Mai bis Oktober ziemlich ähnliche Niederschlagsmengen ermittelten (s. Anhang I Tab. 2). Zwischen den Versuchsflächen ergaben sich z.T. beachtliche Unterschiede, ein Zeichen dafür, daß die Niederschlagsverteilung stark von orographischen Gegebenheiten geprägt wird. Auf den Versuchsflächen stieg die Niederschlagsmenge erwartungsgemäß mit abnehmendem Überschirmungsgrad. Darin äußert sich eine beachtliche Interzeptionswirkung des Schirmes, die wiederum durch die waldbaulichen Eingriffe in charakteristischer Weise modifiziert wurde.

Mit Schneelage ist im Untersuchungsgebiet von Mitte November bis Ende April zu rechnen. Die niedriger gelegenen Flächen waren in den Spätwintern 1977, 1978 und 1979 mehrmals schneefrei - erstmals Ende März - wurden dann aber regelmäßig wieder für mehrere Wochen erneut bis zu 50 cm tief eingeschneit (Abb. 12). Die längste Bedeckungsdauer wies die 1.250 m hoch gelegene Versuchsfläche auf, sie aperte in den Wintern des Beobachtungszeitraums erst in der zweiten Maiwoche völlig aus.

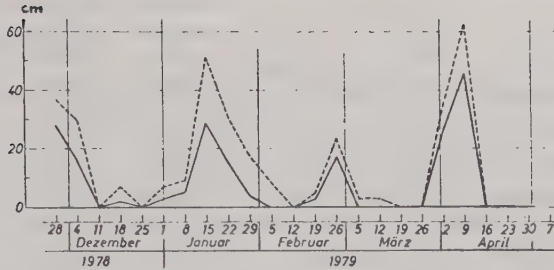


Abb. 12: Die Schneehöhen auf der Nordfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung im Winter 1978/79.

Durchgezogene Linie: dichter Schirm = Kontrollparzelle 5.0
Gestrichelte Linie: lockerer Schirm = starker Schirmhieb 5.2
(BERTHOLD, 1980)

In der Tab. 7 sind am Beispiel des schneearmen Winters 1978/79 die Anzahl der Schneetage, die mittleren Schneedeckenhöhen, die Schneedeckensummen und die maximale Schneehöhe für alle Versuchsflächen mit Ausnahme der im Winter nur schwer zugänglichen Fläche in 1.200 m ü.NN zusammengestellt.

Das Wasserdampfsättigungsdefizit, ausgedrückt als Differenz zwischen dem Sättigungsdampfdruck E und dem tatsächlichen aktuellen Wasserdampfdruck e , ist das beste Kriterium zur Charakterisierung der für die Pflanzen wichtigen Feuchtigkeitsverhältnisse in der bodennahen Luft. Abb. 13 stellt den mittleren Tagesgang dieses Kriteriums über die Vegetationszeit 1977 bei verschiedenen Überschirmungsverhältnissen dar. Daraus ist wieder deutlich der Einfluß des Schirmes abzulesen. Die Kahlhiebparzellen haben demnach untertags das höchste Defizit, die beschirmten Parzellen dagegen bei ausgeglichenerem Tagesgang deutlich geringere Werte, wobei sich die Werte auf den Schirmhiebvarianten nur relativ wenig von denen der voll überschirmten Kontrollparzelle unterscheiden. Nachts kehren sich die Verhältnisse um, die Sättigungsdefizite werden um so kleiner, je aufgelockerter die Überschirmung ist.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Zahl d.Tage mit Schnee- decke ≥ 3 cm St	Schnee- höhen- summe cm	mittlere Schnee- höhe cm	max. Schnee- höhe cm
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	97	332	21	64
	schw.Schirmh.	1.1	98	354	21	65
	st.Schirmh.	1.2	102	381	24	68
	Kahlhieb	1.3	122	515	27	97
	Kontrolle	2.0	98	330	21	63
	schw.Schirmh.	2.1	100	360	23	67
	st-Schirmh.	2.2	104	426	25	73
	Kahlhieb	2.3	136	626	31	103
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	70	195	16	46
	st.Schirmh.	5.2	102	327	21	62
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	97	332	19	64
	st.Schirmh.	6.2	100	409	21	67

Tab. 7: Anzahl der Schneedeckentage, mittlere Schneedeckenhöhen, Schneedeckensumme und maximale Schneehöhe im Winter 1978/79 auf der Hauptversuchs-, der Nord- und der Südfläche.
(BERTHOLD, 1980)

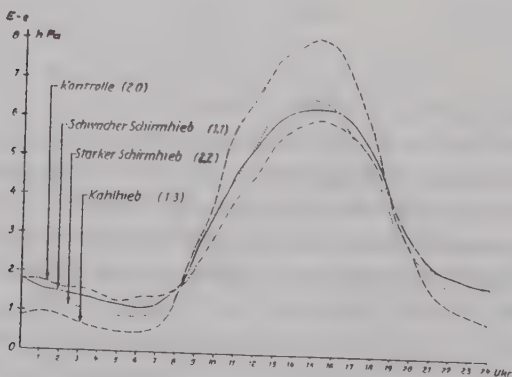


Abb. 13: Mittlerer Tagesgang des Sättigungsdefizits ($E-e$) auf der Hauptversuchsfläche in der Vegetationsperiode 1977 (Mai - Sept.).

2.9 Statistische Auswertung

2.91 Voraussetzungen

Alle Messungen und Zählungen an Verjüngungspflanzen erfolgten auf Probeflächen. MÜLLER-USING (1973) empfiehlt ein solches Vorgehen aufgrund eingehender Literaturvergleiche und eigener Versuche für Verjüngungsaufnahmen dann, wenn mehrere Baumarten, die eine räumliche Abgrenzung erschweren würden, beteiligt sind. Für den Vergleich von Populationsparametern der gleichen Baumart und Altersphase ist es gut geeignet. Es wurde mit Probekreisen von 1 m^2 Größe gearbeitet. Dieses Maß wurde deshalb gewählt, weil größere Flächen für das Aufsuchen und Finden der sehr kleinen Pflanzen zu unübersichtlich sind. Im Falle von Klumpungen mit wesentlich größeren Dimensionen der Klumpen sind allerdings Ungenauigkeiten unvermeidlich; insbesondere werden dann die Verteilungsmuster ungenau erfaßt. Die Probekreisgröße von 1 m^2 ist daher in erster Linie das Ergebnis praktischer Überlegungen. Immerhin gibt es Literaturhinweise, aus denen geschlossen werden kann, daß die gewählte Größe für sehr kleine Verjüngungspflanzen auch statistisch vertretbar ist (MÜLLER-USING, 1973; RAUSCH, 1975; PLATE, 1975; FORSTER und SLEIK, 1974 u.a.). Zweifellos ist es jedoch dringlich, daß dieser Frage der Methodik in einer eigenen Untersuchung nachgegangen wird.

Der Forderung nach einem relativ hohen Aufnahmeprozent (MÜLLER-USING: 10 - 20 %; FORSTER und SLEIK: 17 %) wird diese Untersuchung mit 13,2 % ⁺⁾ durchaus gerecht. Vergleichbaren Untersuchungen liegen teilweise niedrigere Aufnahmeprozente zugrunde: RAUSCH, 1975: 7,2 %; METTIN, 1977: 4,2 %. PREUHSLER, 1979, ging bei seiner Verjüngungsaufnahme einen ganz anderen Weg, er nahm auf ca. 0,16 ha Fläche eine Vollaufnahme vor. Zur besseren Übersichtlichkeit teilte er dabei die Fläche in Segmente von 5 x 5 m ein. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß dieser Autor es mit wesentlich größeren und daher leichter zu findenden Verjüngungspflanzen zu tun hatte als sie in der eigenen Untersuchung zu erwarten waren und daß er es mit einer geringeren Zahl von Probeflächen zu tun hatte.

⁺⁾ 96 je 1 m^2 große Probekreise auf einer Fläche von 22 x 33 m entsprechen einem Aufnahmeprozent von 13,2.

Grundsätzlich wurde angestrebt, die Standardfehler für die verschiedenen Kriterien und ihre Parameter unter $\pm 20\%$ zu halten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde, einschlägigen Untersuchungen folgend, mit $p = 0,05$ festgesetzt, d.h. die Signifikanzschwelle lag bei 5% .

2.92 Angewandte Verfahren

Es gab 3 Gruppen von Daten, die statistisch zu bearbeiten waren:

- a) Zählergebnisse auf den Probekreisen, die sich immer als diskrete Größen darstellten (Zu- und Abgänge von Pflanzen, Anzahl geschädigter Pflanzen in zeitlichen Intervallen; Individuenzahlen zu bestimmten Zeitpunkten);
- b) Prozentwerte bzw. Relativzahlen von Mittelwerten diskreter Werte bezogen auf die Behandlungseinheit (Keimlingsprozent, Pflanzenprozent, Ausfallprozent) und
- c) stetige Größen (Sproßlängen, Sproßlängenzuwachs).

Bei den diskreten Größen mußte im Hinblick auf die Anwendung von Testverfahren zunächst die Art der Verteilung der Einzelwerte überprüft werden. Da die Varianzen auf allen Parzellen und Teilparzellen vielfach wesentlich höher lagen als die zugehörigen Mittelwerte und damit Überdispersion gegeben war, konnten Normalverteilungen der Zählwerte (Pflanzendichten) meist nicht erwartet werden (z.B. LIENERT, 1973). Nach dem Vergleich der empirischen Verteilungen mit Erwartungswerten der theoretischen Normalverteilung im χ^2 -Test trat dann auch klar zutage, daß "normale" Verteilungen relativ wenig vorkamen (Tab. 51).

Parametrische Prüfverfahren schieden dadurch für Vergleiche aus, zumal wegen der extremen Schiefe, der geringen Klassenzahl, der Häufigkeit von Nullklassen und mehrgipfliger Verteilungsmuster auch keine Transformation möglich war.

Ganz anders verhält es sich mit Relativwerten, also prozentual ausgedrückten Einzel- oder Mittelwerten. Durch Transformation nach der

Formel $\text{arc sin } \sqrt{p}$ ⁺⁾ folgten sie in nahezu allen Fällen der Normalverteilung (SACHS, 1974), wie der BARTLETT-Test bestätigte. Da die Prüfkraft dieses Tests sehr hoch ist, konnte die Signifikanzschwelle von den sonst üblichen $p = 0,05$ auf $p = 0,01$ angehoben und damit auch der χ^2 -Wert, der zur Ablehnung der Nullhypothese (= Gleichheit der geprüften Varianzen) führt, vergrößert werden (FRANZ, 1979). Es war danach möglich, parametrische Prüfverfahren zur Analyse der transformierten Relativwerte zu verwenden. Die Meßergebnisse von Sproßlängen und Zuwächsen waren erwartungsgemäß ohnehin meist normal verteilt, so daß auch die auf solche Befunde angewendeten statistischen Tests parametrischer Natur sein konnten.

Alle verwendeten statistischen Prüf- und Analyseverfahren sind in Tab. 8 zusammengestellt. Sie wurden, jeweils getrennt für die Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Ahorn, nach Jahrgängen und problembedingten Gruppierungen durchgeführt.

Die Auswertung des umfangreichen Datenmaterials erfolgte auf dem Großrechner IBM 360 des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten nach Standardprogrammen aus der Biomedical Programmbibliothek der Health Sciences Computing Facility, University of California (DIXON, 1976) mit der Kurzbezeichnung BMDP und nach speziellen Programmen, die Dr. E. KENNEL nach meinen Vorstellungen erstellte, wofür ich ihm sehr dankbar bin.

3. DIE KEIMUNG DER SAMEN-DICHTE UND WACHSTUM DER VERJÜNGUNGSPFLANZEN

3.1 Einleitung

Zum besseren Verständnis dieses Abschnittes seien noch einmal die wichtigsten versuchstechnischen Details vorangestellt. Die Basis der Erhebungen stellt die Kernfläche einer jeden Parzelle dar (s. Abb.3). Diese ihrerseits repräsentiert eine bestimmte ökologische Situation,

+) Die ebenso denkbare Transformation mit $\text{arc sin } p$ wurde deshalb nicht gewählt, weil bei mehreren Gruppierungen auch weniger als 30 Fälle varianzanalytisch geprüft werden sollten und dafür die Transformation $\text{arc sin } \sqrt{p}$ besser geeignet ist (GRIMM, 1960). $\text{arc sin } \sqrt{p}$ bedeutet das Grad- bzw. Bogenmaß jenes Winkels, dessen Sinus gleich $\sqrt{p}$ ist (p = Mittelwert relativer Häufigkeiten).

Variable	Zweck der Prüfung	statistisches Verfahren	EDV-Programm
1. <u>Diskrete Werte</u>			
- Pflanzendichte z.best.Zeitpkt. - Ausfälle	a) Art der Verteilung (Normal, Poisson, neg. Binomial)	χ^2 -Test	eig. Progr.
	b) verteilungsfreier Vergleich zweier un- abhängiger Stichprob. - mit u. ohne Boden- bearbeitung - mit u. ohne Zaun- schutz	a) Mediantest (4-Felder- χ^2 -Test) b) KRUSKAL-WALLIS- Test	eig. Progr. BMDP 3 S
2. <u>Stetige Werte</u>			
- Sproßlängen	a) Homogenität	BARTLETT-Test	BMDP 9 D
- Sproßlängenzu- wachs	b) Mittelwertunter- schiede in Abhängig- keit folgender Fak- toren: - Behandlung des Altbestandes - Bodenbearbeitung - Zaunschutz	Split-plot s. Beispiel im Anhang	-
3. <u>Relativwerte</u> transformiert ($\arcsin \sqrt{p}$)			
- Keimlingspro- zent - Pflanzenprozent	a) Homogenität bzw. Gleichheit der Varianzen	BARTLETT-Test	BMDP 9 D
- Ausfallprozent - Anteil Ausfall- ursachen - Anteil der Baum- arten an der Verjüngung	b) Mittelwertunterschiede aller Variabler in Ab- hängigkeit folgender Faktoren: - Behandlung des Altbestandes - Bodenbearbeitung - Zaunschutz	Split-plot s. Beispiel im Anhang	-
- Keimlingsprozent - Pflanzenprozent - Überlebens- prozent	c) Mittelwertunterschiede bei Ausschluß ver- schiedener Schadfak- toren	Blockversuch Zweiwege-Varianzana- lyse mit anschließen- dem F-Test s. Beispiel im Anhang	-

Tab. 8: Verwendete statistische Prüf- und Analyseverfahren und -programme.

Wichtigste verwendete Literatur: SACHS, 1970, 1974; WEBER, 1972; LINDER, 1960; VAN LAAR, 1979; LINERT, 1973; DIXON, 1976. (Erläuterung "BMDP" s.S. 31)

wie Höhenlage, Exposition und waldbauliche Behandlung des Altbestandes. Jede dieser Parzellen ist wieder unterteilt in die drei Teilparzellen "Bodenoberfläche unbearbeitet" und "Bodenoberfläche bearbeitet", beide im Zaun, und "Bodenoberfläche unbearbeitet" außer Zaun. Auf 32 Probekreisen von je 1 m² Größe je Teilparzelle (96 je Parzelle!) wurden die Erhebungen an den Jungpflanzen vorgenommen. Da 16 Parzellen angelegt worden waren, die Kontrollparzelle 4,0 in 1.200 m Höhe über NN jedoch nur aus 2 Teilparzellen besteht (s. Fußnote auf S. 9), entstammt das Aufnahmematerial also aus 47 Teilparzellen mit insgesamt 1.504 Probekreisen.

Auf allen diesen Probekreisen wurden periodisch, nämlich im Frühsommer und Herbst 1977 und 1978, die Verjüngungspflanzen gezählt, markiert und nach Entwicklungskriterien klassifiziert. Außerdem wurden zu jedem Herbsttermin Pflanzengröße und der Höhenzuwachs gemessen.

Diese "periodischen Aufnahmen" erfolgten in so großen Intervallen, daß wichtige Vorgänge auf den Versuchsflächen durch sie nicht erfaßt werden konnten. Eine Pflanze beispielsweise, die erst nach der Frühsommernaufnahme keimte, aber bereits vor der Herbstkontrolle wieder verging, blieb so unerfaßt. Vor allem aber war es mit diesem Aufnahmeturnus nicht möglich, die Ursachen - Pilze, Mäuse, Witterung etc. - zu erfassen, die zu Pflanzenverlusten führten. Diese kennenzulernen war aber ein wichtiges Versuchsziel. Deshalb wurde es nötig, weitere Aufnahmen in kürzeren Intervallen vorzunehmen. Vierzehntägige Zeitabstände wurden dafür gewählt, also zweimalige Aufnahmen pro Monat, die hier "Permanentaufnahmen" genannt werden. Wegen des außerordentlichen Arbeitsumfanges war dies aber nur auf 20 der 47 Teilparzellen möglich.

Die Grundlage der hier mitgeteilten Ergebnisse bilden demnach die "periodischen Aufnahmen" im Frühjahr und Herbst auf allen 47 Parzellen und die "Permanentaufnahmen" in vierzehntägigen Intervallen auf 20 Teilparzellen (s.dazu auch Tab. 1, S. 11).

Wichtig zum Verständnis der Dinge ist es schließlich, daß auf den Parzellen immer unterschiedliche Jahrgänge von Verjüngungspflanzen gefunden und getrennt erfaßt wurden. Da sind zunächst diejenigen Pflanzen, die bei der Versuchsanlage 1976 bereits vorhanden gewesen waren. Über sie wird in der Folge ohne weitere statistische Auswertung berichtet. Im Zentrum der Betrachtungen stehen dann Pflänzchen der Keimjahrgänge 1977 und 1978.

3.2 Ergebnisse

3.21 Durch Naturverjüngung besiedelbare Fläche

Bei der systematischen Verteilung der Probekreise über die Parzellen wurde keine Rücksicht auf natürliche Hindernisse, wie Stöcke, Stamm- und Wurzelanläufe, genommen. Einzige Bedingung dabei war, daß der Probekreismittelpunkt mit einem Eisenstab eindeutig markierbar sein mußte. Dadurch war aber jeder Probekreis mehr oder weniger stark

von Steinen über Handtellergröße, Stöcken oder Wurzelanläufen bedeckt, er wies also Oberflächenteile auf, die eine Entwicklung von Verjüngungspflanzen a priori nicht zuließen. Durch sorgfältige zeichnerische Aufnahme und flächenmäßige Erfassung dieser Flächenteile auf jedem Probekreis wurde eine Aussage über die für Verjüngungspflanzen tatsächlich besiedelbare Teilfläche bzw. die für die Verjüngung nicht nutzbare Oberfläche möglich. In Tab. 9 ist dieser für Jungwuchs unbesiedelbare Flächenanteil für den gesamten Versuch parzellenweise, nach Ursachen getrennt, aufgeführt.

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Stamm, Wurzel, Stock	Stein ⁺⁾	insgesamt
			%	%	
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	4,5	0,8	5,3
	schw.Schirmh.	1.1	3,5	1,9	5,4
	st.Schirmh.	1.2	3,9	0,2	4,0
	Kahlhieb	1.3	1,6	0,4	2,0
	Kontrolle	2.0	2,1	0,0	2,1
	schw.Schirmh.	2.1	2,7	0,1	2,7
	st.Schirmh.	2.2	3,2	0,6	3,8
	Kahlhieb	2.3	2,3	0,5	2,8
800 m NW	Kontrolle	3.0	4,1	4,1	8,2
	st.Schirmh.	3.2	2,6	6,0	8,6
1200 m NW	Kontrolle	4.0	3,5	0,0	3,5
	st.Schirmh.	4.2	2,5	0,6	3,1
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	3,1	1,3	4,4
	st.Schirmh.	5.2	3,0	0,7	3,7
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	2,6	0,2	2,8
	st.Schirmh.	6.2	3,5	0,2	3,7

Tab. 9: Für Jungwuchs nicht besiedelbarer Flächenanteil auf den einzelnen Versuchsparzellen.

+) mehr als handtellergroße Steine wurden erfaßt

Stammfüße, Wurzelanläufe und Stöcke haben danach auf den verschiedenen Parzellen zwischen 1,6 und 4,5 % Flächenanteil. Kaum ins Gewicht fallen Steine über Handtellergröße (ca. 1 %). Lediglich auf der Versuchsfläche Nr. 3 liegt deren Anteil bei 6 %, was auf den dortigen flachstreichenden, plattigen Wettersteinkalk zurückzuführen ist.

Alles in allem sind es nur zwischen 2 % und 9 % der Bodenoberfläche jedes Probekreises, die von Steinen oder Stöcken usw. so bedeckt werden, daß junge Bäume nicht Fuß fassen können. Das ist keine gravierende Größenordnung. Dennoch wurden alle Befunde über die Pflanzendichten auf die "besiedelbare" Fläche bezogen, wodurch auch Teilflächen mit höheren unbesiedelbaren Oberflächen korrekt bewertet und mit den Befunden anderer Parzellen verglichen werden können. Die wichtigsten Dichtewerte werden aber darüber hinaus im Anhang (Nr. II) auch in einer nicht auf tatsächlich besiedelbare Flächen korrigierten Form mitgeteilt.

3.22 Verjüngungspflanzen, die bei der Versuchsanlage im Herbst 1976 bereits vorhanden waren (Keimjahrgang 1976 und älter)

Die Versuchsflächen wurden - wie eingangs bereits ausgeführt - in unberührte, voll bestockte Altbestände gelegt, die keine oder kaum Bodenvegetation aufwiesen. Die Durchschnittsalter dieser Bestände sowie die dichte Beschirmung sind im Untersuchungsgebiet typisch für Waldbestände am Beginn der Verjüngungsphase. Um so mehr überrascht es, daß sich unter dem dichten Schirm bereits zahlreiche Verjüngungspflanzen eingefunden hatten, wie die erste Aufnahme im Frühjahr 1977 zeigte. Altersbestimmungen an diesen, nur wenige Zentimeter großen Pflänzchen erbrachten Werte bis zu 10 Jahren.

3.221 Pflanzendichte

Mehrjährige Verjüngungspflanzen fanden sich auf allen Parzellen, und zwar in teilweise erstaunlich hoher Zahl (Tab. 10). Die ermittelten Dichten liegen danach zwischen 1.000 und 56.000 Pflanzen pro Hektar. Die Anteile der Baumarten daran machen ganz klar, daß die Fichte offenbar der starken Beschirmung am wenigsten gewachsen ist,

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestandes	Par- zelle Nr.	Verjüngungspflanzen Keimjahrgang 1976 und älter								
			Dichte St/m ²	Baumartenanteil					Anteil der Probekreise mit Anzahl der Verjüngungspflanzen		
				Fi	Ta	Bu	Ah		0	1	≥ 2
				%	%	%	%		%	%	%
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	3,7	3	36	3	58		14	17	69
	schw.Schirmh.	1.1	2,9	0	10	4	86		23	25	52
	st.Schirmh.	1.2	3,3	1	14	3	82		8	17	75
	Kahlhieb	1.3	5,6	1	10	3	86		3	11	86
	Kontrolle	2.0	0,7	0	33	0	67		52	37	11
	schw.Schirmh.	2.1	1,0	3	23	0	74		49	28	23
	st.Schirmh.	2.2	5,0	0	14	3	83		5	9	86
	Kahlhieb	2.3	1,6	0	3	0	97		51	8	41
800 m NW	Kontrolle	3.0	0,4	0	94	0	6		77	20	3
	st.Schirmh.	3.2	0,5	0	84	0	16		69	26	5
1200 m NW	Kontrolle	4.0	0,7	0	14	32	54		62	16	22
	st.Schirmh.	4.2	1,0	0	0	5	95		51	27	22
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,2	0	36	0	64		83	17	0
	st.Schirmh.	5.2	0,1	0	0	0	100		92	8	0
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,8	9	28	24	39		55	30	15
	st.Schirmh.	6.2	0,8	5	24	39	32		60	20	20

Tab. 10: Dichte, Baumartenanteil und Verteilung der Verjüngungs-
pflanzen zu Versuchsbeginn (Keimjahrgang 1976 und älter).
Die Dichten stellen Mittelwerte für die Parzellen aus
jeweils allen Probekreisen dar, deren Bodenoberfläche
unbearbeitet blieb.

sie kommt praktisch nicht vor. Bestimmt wird die Population der Jungpflanzen dagegen vom Ahorn, der zum einen häufig fruktifiziert und zum anderen auch dichte Beschattung für eine gewisse Zeit ertragen kann. Auch die Tanne ist erwartungsgemäß überall und teilweise in beachtlicher Dichte vertreten. Die Buche kommt zwar deutlich weniger häufig vor als Tanne und Ahorn; wo sie jedoch im Hauptbestand durch Samenbäume - also nicht nur unterständige Individuen - vertreten ist, findet sich auch immer Verjüngung in einigem Umfang.

Über die Verteilung der Pflanzen am Boden geben die relativen Häufigkeiten Aufschluß, mit denen unbesetzte, mit einer oder mit zwei und mehr Pflanzen besetzte Probekreise gefunden wurden. Erwartungsgemäß nimmt die Zahl der unbesetzten Probekreise mit abnehmender absoluter Pflanzendichte sehr schnell zu und die der mehrfach besetzten entsprechend ab (s. auch Abb. 14). Die Größe der "Fehlstellen" ist demnach eine Funktion der Dichte.

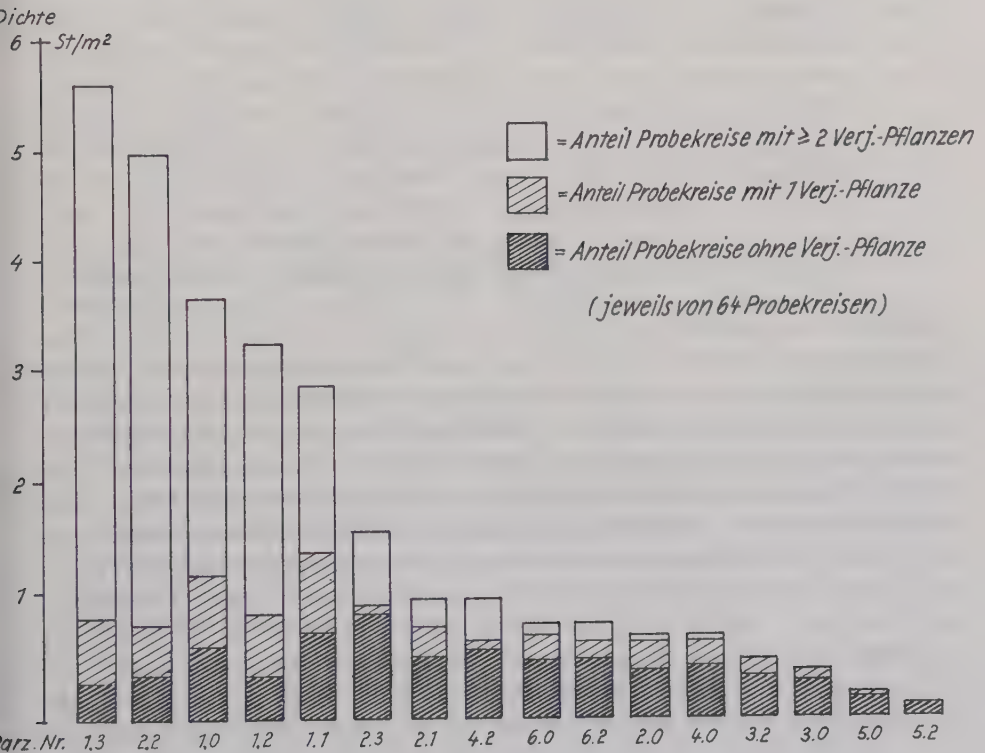


Abb. 14: Anteil der zu Versuchsbeginn mit 0,1 und mit mindestens 2 Verjüngungspflanzen besetzten Probekreise in Abhängigkeit von der mittleren Pflanzendichte.

3.222 Entwicklung im Beobachtungszeitraum

3.222.1 Ausfälle und deren Ursachen

Die Ausfälle an diesen älteren Verjüngungspflanzen waren im Beobachtungszeitraum relativ gering. Es mag deshalb hier genügen, die Abläufe beispielhaft für Tanne und Ahorn auf der Hauptversuchsfläche darzustellen, was in Tab. 11 geschehen ist.

Behandlung des Altbestands	T A N N E		A H O R N	
	Zahl der markierten Pflanzen	Ausfall	Zahl der markierten Pflanzen	Ausfall
	St	%	St	%
Kontrolle	96	12	166	10
schw. Schirmh.	36	11	208	8
st. Schirmh.	74	15	432	8
Kahlhieb	38	37	407	14

Tab. 11: Zahl der markierten älteren Verjüngungspflanzen auf den Parzellen der Hauptversuchsfläche und deren Ausfallprozent im Beobachtungszeitraum.

Fichte und Buche kamen in so geringen Individuenzahlen vor, daß auf deren Wiedergabe verzichtet werden kann. Die wenigen mitgeteilten Daten lassen eine bemerkenswerte Lebenskraft der jungen Pflanzen erkennen, die sich unter dem Schirm des Mutterbestandes etablieren konnten. Dabei ist besonders auffällig, daß die Überlebenskraft - zumindest anfangs - auch durch Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse nicht vergrößert wird. Ob der sich andeutende höhere Ausfall von Tannen nach Kahlhieb tatsächlich eine Konsequenz dieser Maßnahme ist, läßt sich infolge der geringen absoluten Pflanzenzahlen nicht mit Sicherheit sagen. Im folgenden Abschnitt über die Ausfallursachen werden aber immerhin einige Hinweise dafür gegeben, daß diese Art unter plötzlicher starker Freistellung leiden könnte .

Die eine Hälfte der Ausfälle junger Tannen auf der Kahlfläche wurde durch abiotische Schädigungen verursacht. Bemerkenswert ist, daß sich diese Abgänge bereits alle im ersten Jahr nach dem Kahlhieb ereigneten. Die andere Hälfte der Ausfälle - 8 % waren auf Pilzinfektionen zurückzuführen, bei 42 % konnte die Ausfallursache nicht mehr eindeutig bestimmt werden - zog sich über die gesamte Beobachtungszeit hin.

Vergleichsweise dazu fielen nach starkem Schirmhieb aufgrund abiotischer Schädigung statt jeder zweiten nur mehr jede vierte Tanne aus. Dagegen waren 18 % der Ausfälle auf Fraßschäden zurückzuführen. Der Anteil der Abgänge mit den Ursachen Pilz (8 %) und unbekannt (45 %) entsprach dem nach Kahlhieb. Es wird nun daraus der vorsichtige Schluß gezogen, daß es vor allem abiotische Schäden, wie Überhitzung, Trockenheit, Frost, Schneeschub, sind, die bei plötzlicher Freistellung zu höheren Ausfällen junger Tannen führen.

Die Verluste an der Ahornverjüngung bewegten sich lediglich in der Größenordnung um 10 %. Selbst auf dem Kahlschlag wurde dieser Satz nicht wesentlich überschritten. Bei mehr als der Hälfte der Ausfälle konnte die Ursache nicht bestimmt werden, jeder dritte bis vierte Ausfall ging jedoch auf den Fraß von Kleintieren - besonders in der zweiten Hälfte der Beobachtungsperiode - zurück. Abiotische Schadensursachen spielten mit 26 % der Abgänge junger Ahornpflanzen nur auf der Kahlfläche eine größere Rolle, wobei sich interessanterweise auch hier diese Art Ausfälle - wie bei den Tannen - ausschließlich innerhalb des dem Kahlhieb folgenden Jahres ereignete.

3.222.2 Sproßlängen

Im Herbst 1977 und 1978 wurden die Sproßlängen, und zwar der auftragende Teil des Sprosses, sowie der Höhenzuwachs der mehrjährigen Verjüngungspflanzen gemessen. Die Sproßlängen waren z.T. sehr verschieden, was im Hinblick auf die unterschiedlichen Ausgangssituationen auch nicht verwundern kann. Bemerkenswert jedoch ist, daß - unabhängig von der Baumart - der auftragende Sproßteil nahezu nie

größer als 20 cm war. Weiter fiel auf, daß die meisten Ahornsprosse stark gekrümmt sind und daß sie, ehe sie aufragen, mehrere Zentimeter am Boden "dahinkriechen".

Zwei Jahre nach den Hiebsmaßnahmen wirkten sich die Eingriffe in den Altbestand bereits sichtbar auf den Höhenzuwachs aus. Unter dem dichten Schirm der Kontrollparzelle wuchsen 1978 die Verjüngungspflanzen - nahezu alle Baumarten gleich - etwa einen Zentimeter. Schon etwas höher war der Sproßlängenzuwachs auf den Schirmhiebparzellen. Bei vollem Lichtgenuß dagegen betrug der Höhenzuwachs das Dreifache (Tanne) bis Achtfache (Ahorn) des Zuwachses unter geschlossenem Schirm.

Um einen Eindruck davon zu vermitteln, wurden in Tab. 11a die Befunde für vier unterschiedlich beschirmte Parzellen der Hauptversuchsfläche dargestellt (eine statistische Auswertung war wegen der z.T. wenigen Meßdaten nicht möglich).

Behandlung Altbestand (Parz.Nr.)	T a n n e		B u c h e		A h o r n	
	Sproßlänge mm	Zuwachs mm	Sproßlänge mm	Zuwachs mm	Sproßlänge mm	Zuwachs mm
Kontrolle (1.0)	76	11	132	14	85	7
schw.Schirmh. (1.1)	67	12	-	-	95	11
st.Schirmh. (2.2)	81	13	146	19	92	12
Kahlhieb (1.3)	80	34	148	44	103	84

Tab. 11a: Sproßlängen mehrjähriger Verjüngungspflanzen (im Herbst 1977) sowie Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode (1978) auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche.

Es wird daraus der vorsichtige Schluß gezogen, daß die z.T. reichlich vorhandenen mehrjährigen Verjüngungspflanzen in der Lage sind, sehr rasch auf waldbauliche Eingriffe bzw. auf mehr Licht mit einem entsprechenden Höhenwachstum zu reagieren.

3.223 Zusammenfassung

Im Frühjahr nach der Einrichtung der Versuchspartzellen wurden alle Verjüngungspflanzen aufgenommen, die sich bereits vor Versuchsbeginn unter dem dichten Schirm vollbestockter Altbestände eingefunden hatten. Diese Pflanzen wurden markiert und über zwei Jahre hinweg beobachtet.

Ergebnisse:

1. Auf allen Parzellen fanden sich bis zu zehn Jahre alte Verjüngungspflanzen, deren überraschend große Dichte zwischen 1.000 und 56.000 Stück je Hektar betrug.
2. Tannen-, vor allem aber Ahornpflanzen kamen häufig vor. Fichtenspflanzen dagegen waren selten. Junge Buchen gab es naturgemäß vor allem dort, wo im Altbestand Buchen in der Oberschicht vertreten waren.
3. Die Sproßlängen lagen zu Beginn stets unter 20 cm, die Ahornpflanzen waren zudem meist stark gekrümmt. Der Höhenzuwachs reagierte bereits im zweiten Jahr nach den Hiebsmaßnahmen sichtbar auf die veränderte Überschirmung; unter dem dichten Schirm der Kontrollpartzellen lag er für alle Baumarten um 1 cm. Unter vollem Lichtgenuß auf der Freifläche entwickelten sich Zuwachswerte, die drei- (Tanne) bis achtmal (Ahorn) so hoch waren.
4. Der Anteil der Probekreise ohne Verjüngungspflanzen sank rasch mit zunehmender Pflanzendichte, d.h. die Größe und Häufigkeit der "Fehlstellen" ist eine Funktion der Dichte.
5. Die Ausfälle der beiden beobachteten Baumarten Ahorn und Tanne waren im Untersuchungszeitraum von zwei Jahren erstaunlich gering. Die Ahornverjüngung mußte etwa 10 % Verluste hinnehmen. Der Ausfall an Tanne lag nur geringfügig darüber. Lediglich nach Kahlhieb fielen 37 % der Tannen- und 14 % der Ahornpflanzen aus.

6. Die Verluste hatten zu einem großen Teil abiotische Ursachen. Sie ereigneten sich an Tannen- und Ahornpflanzen vorwiegend unmittelbar im ersten Jahr nach den Hiebsmaßnahmen. Bei etwa der Hälfte der Ausfälle konnte die Schadensursache nicht eindeutig bestimmt werden.

3.23 Verjüngungspflanzen aus den Samenjahren 1976/77

(Keimjahrgang 1977) und 1977/78 (Keimjahrgang 1978)

Die Pflanzen, die sich aus den Samen der Masten 1976 und 1977 entwickelten, waren von Anbeginn den Bedingungen unterworfen, die auf den Versuchsflächen experimentell eingestellt worden waren, vor allem den unterschiedlichen Überschildungsverhältnissen. Kam es bei den im vorigen Abschnitt behandelten Pflanzen vor allem darauf an, ihre Umstellung auf schlagartig veränderte ökologische Situationen zu erfassen, so gilt es bei den jüngeren Verjüngungspflanzen, ihre Entwicklung unter von vornherein verschiedenen ökologischen Bedingungen zu beobachten. Davon wird in der Folge die Rede sein.

3.231 Samenfall und Anzahl keimfähiger Samen auf den einzelnen Versuchspartzen

Als besonders wichtige Information zur Charakterisierung der Ausgangslage muß die Zahl der gefallenen Samen gelten. Sie war mit Hilfe von insgesamt 480 Samenfängen durch VELTSISTAS, 1980, genau bestimmt worden. Die von ihm gewonnenen Befunde müssen daher zunächst den eigenen Ergebnissen vorangestellt werden.

In den beiden Jahren 1976 und 1977 war im gesamten Versuchsbereich ein teilweise, für die einzelnen Baumarten allerdings unterschiedlich hoher Fruchtansatz festzustellen. Die Fichte fruktifizierte in beiden Jahren merklich, 1976 etwa in der Stärke einer "Teilernte" (Def. nach ROMEDER, 1972), 1977 gab es sogar fast eine "Halbernte". Die Tanne produzierte 1976 in einigem Umfang Samen, während 1977 kaum Zapfenbehang zu beobachten war. Der Ahorn lieferte wiederum 1976 nur sehr wenige und zudem Samen von geringer Keimkraft, dafür fruktifizierte er 1977 auf allen Partzen. Die Buche trug ausschließlich 1977 in einigem Umfang Mast.

Quantität und Qualität und Verteilung der Samen waren von Fläche zu Fläche und auch von Parzelle zu Parzelle bemerkenswert unterschiedlich. Die Baumartenzusammensetzung der Altbestände und die unterschiedliche Fruktifikation der einzelnen Baumarten hatten starken Einfluß darauf. Da ausschließlich die keimfähigen Samen bedeutsam für die Verjüngungsabläufe sind, wurde nur deren Zahl (Tab. 12) den eigenen Befunden über die Keimung und das Fußfassen der Pflanzen zugrundegelegt. Die Tannen-, aber auch bis zu 60 % der Fichtensamen fielen noch im Herbst des jeweiligen Samenjahres. Buchen- und Ahornsamen gelangen ohnehin überwiegend im Jahr ihrer Entstehung an den Boden. Der herbstliche Blätterfall ereignete sich in den Jahren 1976 und 1977 im wesentlichen vor dem Samenfall, die Samen kamen also vorwiegend auf und zwischen die frische Streu zu liegen. Bis Anfang Mai, also zu Beginn der Vegetationszeit des Folgejahres, waren auch alle Fichtensamen ausgeflogen. Der spät fliegende Anteil davon fiel auf schneebedeckte Oberflächen und erreichte den Boden erst mit der Ausaperung.

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn		Summe	
			1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977
			St./m ²		St./m ²		St./m ²		St./m ²		St./m ²	
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	9	83	24	<1	0	22	<1	16	33	122
	schw.Schirmh.	1.1	45	76	6	0	0	14	<1	7	51	96
	st.Schirmh.	1.2	26	52	16	<1	0	16	0	3	42	71
	Kahlhieb	1.3	5	6	1	0	0	<1	<1	1	7	7
	Kontrolle	2.0	24	62	2	0	0	10	0	<1	26	73
	schw.Schirmh.	2.1	28	57	3	1	0	7	0	2	30	69
	st.Schirmh.	2.2	13	43	9	0	0	6	1	10	23	59
	Kahlhieb	2.3	9	16	<1	<1	0	<1	1	8	10	24
800 m NW	Kontrolle	3.0	27	215	3	0	0	17	0	<1	30	232
	st.Schirmh.	3.2	38	102	6	<1	0	6	<1	1	44	109
1200 m NW	Kontrolle	4.0	43	20	2	0	0	30	0	4	45	54
	st.Schirmh.	4.2	22	26	1	0	0	6	0	2	23	35
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	23	373	2	0	0	22	<1	4	25	399
	st.Schirmh.	5.2	7	134	<1	0	0	25	5	26	13	185
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	16	85	20	1	<1	72	<1	26	35	184
	st.Schirmh.	6.2	11	71	9	2	0	25	0	8	21	106

Tab. 12: Zahl der 1976/77 und 1977/78 auf den verschiedenen Parzellen pro m² gefallen keimfähigen Samen.
(n. VELTSISTAS, 1980)

Ein weiteres Kriterium für die Beurteilung des Samenangebots für die Verjüngung ist die Verteilung der Samen auf dem Waldboden.

Dieser Frage ging VELTSISTAS nach. Der Autor führt u.a. dazu aus, es "...sorgen Faktoren, wie ungleichmäßiges Vorkommen der Samenbäume auf den Versuchsflächen, unterschiedlicher Zapfenbehang, gute oder schlechte Flugfähigkeit der Samen, Witterung in der Fallzeit usw., für eine Bevorzugung einiger Stellen am Boden gegenüber anderen. Das Ergebnis sind dann Klumpungen der Samendichten. Solche geklumpete Verteilungen ... lassen sich oft durch die negative Binomialverteilung ausgleichen, viel häufiger aber ergibt sich keine sinnvolle Beziehung zu einer der theoretischen Verteilungen ..." (Normal-, Poisson-, negative Binomialverteilung, d.Verf.).

3.232 Keimung und Keimerfolg

3.232.1 Der Keimverlauf in den Jahren 1977 und 1978

In beiden Jahren erfaßten wir über einen 14tägigen Aufnahmeturnus auf 20 ausgewählten Teilparzellen (s. Tab. 1 in Kap. 2.221 sowie Kap. 3.1) Keimlinge, markierten sie und beobachteten sie in der Folge weiter. Als Keimling zählte eine junge Pflanze, wenn sie eine Keimwurzel von mehr als 2 mm Länge getrieben hatte. Die ermittelten Keimlingsdichten sind als Minimumwerte aufzufassen; denn es wurde, um eine ungestörte, natürliche Entwicklung sicherzustellen, bei den Aufnahmen auf den Probekreisen nichts verändert und deshalb auch nicht nach verdeckt (z.B. unter der Streu) keimenden Samen gesucht.

Es zeigten sich Abhängigkeiten der untersuchten Kriterien von Baumart, Höhenlage und Beschirmungsgrad.

Das Auflaufen von Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornkeimlingen ist in Tab. 13 jeweils für die Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung dargestellt.

Behandlung des Altbestands	Par- zelle Nr.	Gesamtzahl gekeimter Pflanzen St	davon waren bis zum Zeitpunkt gekeimt											
			15.3.	1.4.	15.4.	1.5.	15.5.	1.6.	15.6.	1.7.	15.7.	1.8.	15.8.	1.9.
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Fichte 1978														
Kontrolle	1.0	122	0	1	1	2	2	7	64	92	93	98	100	
schw.Schirmh.	1.1	138	-	0	1	1	1	5	62	80	83	94	96	100
st.Schirmh.	2.2	106	-	0	0	0	0	1	25	71	90	95	100	
Kahlhieb	1.3	8	0	0	0	0	0	13	25	88	100			
Kontrolle	4.0	23	-	-	-	-	0	0	13	61	91	91	100	
st.Schirmh.	4.2	61	-	-	-	-	0	0	16	46	77	89	97	100
Kontrolle	5.0	78	0	0	0	0	0	0	13	58	78	92	94	100
st.Schirmh.	5.2	241	0	0	0	0	0	12	58	79	91	99	99	100
Kontrolle	6.0	65	0	0	0	0	0	5	68	88	95	100		
st.Schirmh.	6.2	79	0	0	0	0	0	4	19	48	82	96	99	100
Tanne 1977														
Kontrolle	6.0	82	-	10	10	18	18	98	98	100				
st.Schirmh.	6.2	25	-	36	56	56	56	96	96	100				
Tanne 1978														
Kontrolle	6.0	14	7	7	29	50	79	100						
st.Schirmh.	6.2	38	21	45	79	84	84	97	100					
Buche 1978														
Kontrolle	1.0	432	28	33	37	65	91	99	100					
schw.Schirmh.	1.1	56	-	16	29	84	95	96	98	98	100			
st.Schirmh.	2.2	92	-	34	45	71	100							
Kahlhieb	1.3	0	-	-	-	-								
Kontrolle	4.0	284	-	-	-	-	46	97	100					
st.Schirmh.	4.2	61	-	-	-	-	53	98	100					
Kontrolle	5.0	189	0	5	5	55	93	99	100					
st.Schirmh.	5.2	55	0	27	27	86	95	100						
Kontrolle	6.0	590	18	21	35	77	95	98	99	99	100			
st.Schirmh.	6.2	249	53	70	82	94	99	100						
Ahorn 1978														
Kontrolle	1.0	288	51	66	75	92	98	99	100					
schw.Schirmh.	1.1	134	-	78	89	94	98	99	99	99	99	99	99	100
st.Schirmh.	2.2	219	-	58	73	93	96	98	98	99	100			
Kahlhieb	1.3	21	43	57	76	81	86	91	100					
Kontrolle	4.0	52	-	-	-	-	71	90	96	96	96	96	98	100
st.Schirmh.	4.2	48	-	-	-	-	83	100						
Kontrolle	5.0	66	0	46	46	71	77	94	94	94	94	96	98	100
st.Schirmh.	5.2	565	0	60	60	89	92	98	99	100				
Kontrolle	6.0	532	32	44	73	94	97	99	99	99	100			
st.Schirmh.	6.2	251	47	71	83	92	97	100						

- = keine Aufnahme wegen Schneelage möglich

Tab. 13: Das Auflaufen der Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornkeimlinge.

Die Keimlinge von Tanne, Ahorn und Buche hatten ihren Keimungshöhepunkt von April bis Anfang Mai. Sie können als "Frühkeimer" bezeichnet werden (S. Abb. 15).

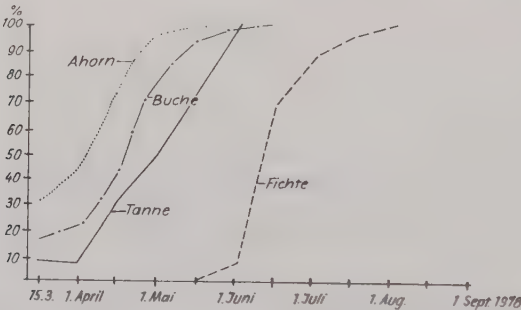


Abb. 15: Das Auflaufen der Fichten-, Tannen-, Ahorn- und Buchenkeimlinge auf der südexponierten Kontrollparzelle 6.0. (Die jeweils beobachtete Zahl der Keimlinge ist aus Tab. 13 zu entnehmen.)

Die Samen des Ahorn liefen als erste, und zwar von Beginn an ziemlich massiv auf. Ihnen folgten zeitlich verzögert Buchen und Tannen. Im Beobachtungsjahr 1978 waren mehr als die Hälfte der Ahorne bereits um den ersten April herum aufgelaufen, während Buchen und Tannen diesen Stand der Entwicklung erst nach weiteren zwei bis vier Wochen erreichten. Sehr viel später begannen die Fichtenkeimlinge zu erscheinen. Um den ersten Juni setzte der Auflaufprozeß ein, und erst Mitte Juli war er im wesentlichen abgeschlossen. Den Fichtenkeimlingen stand daher im Vergleich zu den anderen Baumarten eine um gut vier Wochen kürzere Entwicklungszeit zur Verfügung. Möglicherweise ist die große Empfindlichkeit dieser Baumart im ersten Lebensjahr darauf zurückzuführen. Abb. 16 zeigt diese Zusammenhänge zusätzlich am Beispiel der Parzellen 1.0 in 900 m über NN und der Parzelle 4.0, 1.200 m ü.NN.

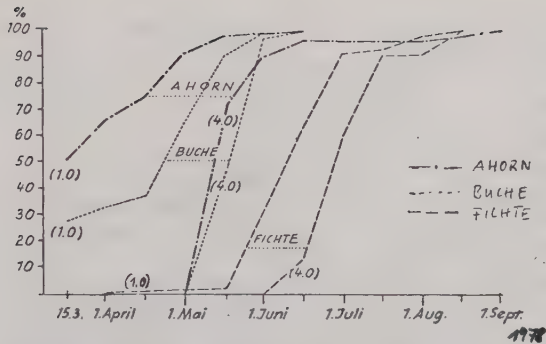


Abb. 16: Verlauf der Keimung von Fichten-, Buchen- und Ahornsamen auf den Kontrollparzellen in 900 m (Parz.Nr. 1.0) und in 1.200 m über NN (Parz.Nr. 4.0).

(Die jeweils beobachtete Zahl der Keimlinge ist der Tab. 13 zu entnehmen.)

Bemerkenswert an den in Tab. 13 mitgeteilten Daten ist auch die Tatsache - an Ahorn, Buchen und Fichten auf den spät ausapernden, hoch gelegenen Parzellen (4.0/4.2) gut erkennbar -, daß aus Witterungsgründen spät auflaufende Samen den Keimungsprozeß sehr schnell durchlaufen (s. auch Abb. 16). Immerhin ergab sich für diese Lagen trotzdem eine Verzögerung von zwei bis vier Wochen.

Die Wirkung der Beschirmung auf den Keimverlauf war erwartungsgemäß deutlich, wenn auch nach Baumartengruppen verschieden. Die früh keimenden Tannen-, Buchen- und Ahornsamen liefen auf den Parzellen mit aufgelockertem Altholzschirm deutlich schneller auf als unter dem dichten Altholzschirm der Kontrollparzellen. Der Verzögerungseffekt der dichten Überschirmung kann immerhin einige Wochen betragen. Als Beispiel für diese Erscheinung wird in der Abb. 17 der Keimverlauf der Tanne auf dem Parzellenpaar 6.0 und 6.2 auf der Südfläche dargestellt.

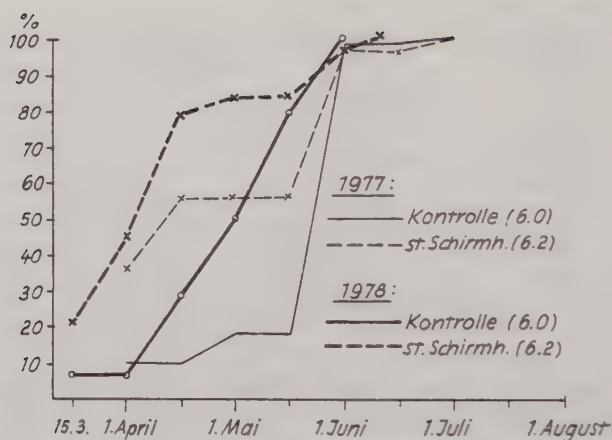


Abb. 17: Das Auflaufen der Tannensamen auf unterschiedlich stark überschilderten Parzellen (Südfläche).

Die zwischen Mitte April und Mitte Mai 1977 eingetretene Verzögerung des Prozesses ist eine Folge späten Schneefalls (die jeweils beobachtete Zahl der Keimlinge ist der Tab. 13 zu entnehmen).

Die spät keimende Fichte verhielt sich anders als die bisher behandelten Arten. In der Regel erschienen die Keimlinge auf den voll beschirmten Parzellen etwas früher als auf denen mit aufgelockertem Schirm. Mit dem Abschlußtermin für den Keimprozeß verhielt es sich ebenso (s. Abb. 18).

Als Erklärung für dieses unterschiedliche Keimverhalten bietet sich folgende Überlegung an:

Für die früh auflaufenden Arten Ahorn, Buche und Tanne ist die Feuchtigkeitsversorgung meist gesichert, die Keimwurzeln sind sogar oft schon unter der Schneedecke aufgetreten. Wärme ist es daher in erster Linie, die den Ablauf bestimmt. In dem wesentlich späteren Zeitraum dagegen, in dem die Fichte keimt und aufläuft, ist im allgemeinen ausreichend Wärme gegeben, während - besonders bei strahlungsreichem Wetter - die Feuchtigkeit nahe der Bodenoberfläche knapper werden kann. Das aber muß sich auf den gegen Einstrahlung

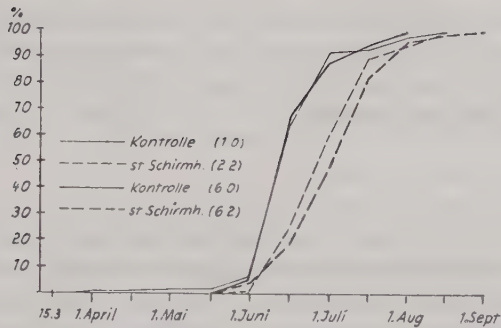


Abb. 18: Die Wirkung unterschiedlicher Beschirmung auf den Keimverlauf der Fichtensamen im Jahre 1978, dargestellt am Beispiel typischer Parzellenpaare.

(Die jeweils beobachtete Zahl der Keimlinge ist der Tab. 13 zu entnehmen.)

weniger gut geschützten Parzellen mit aufgelockertem Schirm stärker auswirken als auf den dichten Kontrollparzellen. Die Untersuchungen MAYERS, 1979, sowie die in den Kap. 2.6 bis 2.8 mitgeteilten bioklimatologischen Daten untermauern diesen Erklärungsversuch.

Die Bodenbearbeitung hatte auf den zeitlichen Ablauf der Keimung in keinem Fall erkennbaren Einfluß. Darauf braucht deshalb nicht weiter eingegangen zu werden.

3.232.2 Das Keimergebnis (Keimlingsprozent)

Aus den Ergebnissen der "Permanentaufnahmen" (s. Kap. 3.1) und Tab. 1 in Kap. 2.221) und der Zahl keimfähiger Samen je Flächeneinheit (s. Tab. 12 in Kap. 3.231) konnten für die einzelnen Baumarten Keimlingsprozentage hergeleitet werden. Als Keimlingsprozent wird dabei jenes Verhältnis bezeichnet, das zwischen dem Mittelwert der auf einer Teilparzelle gezählten Keimlinge - gleichgültig ob sie am Leben bleiben oder nicht - und dem entsprechenden Mittelwert der keimfähigen Samen besteht.

Für Fichte wurden so die Keimlingsprozentage 1977 und 1978, für Tanne das von 1977 sowie 1978 die für Buche und Ahorn ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Tab. 14, 16, 18, 20 zusammengestellt.

Die zuvor transformierten Mittelwerte für die unbearbeiteten und bodenbearbeiteten Teilparzellen innerhalb des Zaunes auf den Kontroll- und den starken Schirmhiebparzellen wurden als Spaltflächen (split-plot) varianzanalytisch auf drei Aspekte hin untersucht: den möglichen Einfluß der Beschirmung (= Hauptfaktor), eine Wirkung der Bodenbearbeitung (= Nebenfaktor) sowie eine mögliche Wechselwirkung zwischen beiden Faktoren. Die Ergebnisse der Varianzanalysen können den Tab. 15, 17, 19, 21 entnommen werden.

3.232.21 Fichte

Die Zahl der auf den Teilparzellen beobachteten Fichtenkeimlinge und die sich daraus ergebenden Keimlingsprozentage sind in der Tab. 14 wiedergegeben. Es sei daran erinnert, daß die Fichte 1977/78 auf allen Parzellen stärker fruchtete als 1976/77. Die Samendichten 1978 lagen mit Werten von meistens über 50, im Extrem sogar 373 keimfähigen Samen pro m² bedeutend höher als die von 1977 mit maximal 45 Samen pro m². Erwartungsgemäß keimten der Zahl nach 1978 mehr Fichtensamen als 1977. Werden jedoch die Relationen betrachtet, so errechnen sich für 1978 meist niedrigere Keimlingsprozentage. Nur auf der Südfläche und der Kahlhiebparzelle 1.3 verhielt es sich umgekehrt; dort war das Keimergebnis 1978 größer.

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestandes	Parz. Nr.	Keimjahr 1977				Keimjahr 1978			
			ohne Bodenbearb.		mit Bodenbearb.		ohne Bodenbearb.		mit Bodenbearb.	
			Anzahl beob. Keimlg.	Keimlingsprozent	Anzahl beob. Keimlg.	Keimlingsprozent	Anzahl beob. Keimlg.	Keimlingsprozent	Anzahl beob. Keimlg.	Keimlingsprozent
			St.	%	St.	%	St.	%	St.	%
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	25	8,6	42	14,4	122	4,6	196	7,4
	schw.Schirmh.	1.1	102	7,1	222	15,5	138	5,7	-	-
	st.Schirmh.	2.2	36	8,5	66	16,1	106	7,7	157	11,3
	Kahlhieb	1.3	3	1,8	10	6,1	8	4,2	22	11,5
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	-	-	-	-	23	3,6	27	4,2
	st.Schirmh.	4.2	-	-	-	-	61	7,2	73	8,6
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	48	6,5	80	10,9	78	0,7	-	-
	st.Schirmh.	5.2	52	22,2	93	38,0	241	5,6	-	-
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	8	1,8	41	8,2	65	2,4	-	-
	st.Schirmh.	6.2	7	2,0	21	5,8	79	3,5	-	-

- = keine Permanentaufnahme

Tab. 14: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozentage 1977 und 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Fichte.

Unterschiedliche waldbauliche Behandlung des Altbestandes wirkte sich auf die Keimlingsprozentage dergestalt aus, daß sich - allerdings nicht gesichert - nahezu immer die höchsten Keimlingsprozentage unter gelockerter Überschirmung ergaben. Das Keimergebnis auf den dicht überschirmten Kontrollparzellen war demgegenüber meist niedriger.

Auffällig sind ferner die unterschiedlichen Ergebnisse für die Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung. Die Teilparzellen mit Bodenbearbeitung wiesen gegenüber den unbearbeiteten grundsätzlich die höheren Keimlingsprozentage auf. Statistisch absichern ließ sich dieser offensichtlich positive Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Keimlingsrate für 1977, nicht jedoch für 1978, trotz gleichen Trends. Zur Interpretation des Befundes für 1978 ist allerdings zu erwähnen, daß die Zahl der Versuchsglieder und damit die der Freiheitsgrade sehr niedrig lag. Eine Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Überschirmung konnte nicht festgestellt werden (Tab. 15).

Streuung	Keimjahrgang 1977					Keimjahrgang 1978				
	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signif.	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signif.
Gesamt	688,62	11	62,60			61,18	7	8,74		
Block	262,39	2	131,18	3,02	n. sig.	9,14	1	9,14	28,56	n. sig.
Faktor A "Beschilderung"	37,10	1	37,10	1	n. sig.	37,89	1	37,89	118,41	n. sig.
Fehler (a)	86,92	2	43,46			0,64	1	0,32		
Faktor B "Bodenbearbeitung"	218,11	1	218,11	12,77	*	10,83	1	10,83	8,27	n. sig.
Wechselwirkung A x B	15,83	1	15,83	1	n. sig.	0,07	1	0,07	1	n. sig.
Fehler (b)	68,27	4	17,06			2,62	2	1,31		

Tab. 15: Ergebnis der Varianzanalysen: Keimlingsprozentage in den Jahren 1977 und 1978; Baumart Fichte.

Signifikanz: n.sig. = nicht signifikant

* = signifikant bei $p = 0,05$

(Zugrundegelegt wurden folgende Mittelwerte:

- a) Keimjahrgang 1977: Fläche 1.0/2.2; 5.0/5.2; 6.0/6.2;
- b) Keimjahrgang 1978: Fläche 1.0/2.2; 4.0/4.2)

Als Ergebnis kann festgehalten werden, daß Bodenbearbeitung den Keimerfolg von Fichte im Jahr nach der Bearbeitung zwar deutlich zu verbessern vermag, in den Folgejahren dieser Einfluß jedoch offenbar nachläßt.

3.232.22 Tanne

Die Tanne brachte 1976/77 bis zu 24 Stück keimfähiger Samen pro m^2 auf den Boden (s. Tab. 12 in Kap. 3.231). Im Samenjahr 1977/78 fiel im allgemeinen nicht einmal ein keimfähiger Same je m^2 , weshalb dieser Jahrgang in der Folge nicht berücksichtigt wird. Die Keimlingsprozente, die sich für den Jahrgang 1977 errechnen ließen, sind in Tab. 16 zusammengestellt. Die Ergebnisse schwanken zwischen 7 % und 54 %, wobei die beiden Extremwerte auf Teilparzellen der Nordfläche treffen. Da die Samendichte dort jedoch sehr gering war (2 St./m^2 bzw. $0,4 \text{ St./m}^2$), werden diese Ergebnisse nicht weiter kommentiert.

Für eine nähere Betrachtung verbleiben somit die Keimlingsprozente für die Teilparzellen auf der Hauptversuchs- und der Südfläche. Zunächst fällt auf, daß sich auf der Südfläche die Ergebnisse verhältnismäßig wenig voneinander unterscheiden. Sie bewegen sich zwischen 8 % und 16 %, wobei sich geringfügig höhere Werte für die Teilparzellen unter dichtem Schirm ergaben und auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen jeweils mehr Tannensamen keimten als auf den unbearbeiteten.

Anders war es auf der Hauptversuchsfläche. Dort wiesen die Parzellen mit aufgelockerter Überschildung (1.1 und 2.2) Keimlingsprozente zwischen 18 und 34 auf. Sie waren meist doppelt so hoch wie die entsprechenden Werte für die Kontrollparzelle 1.0. Bemerkenswert ist ferner, daß auf der nordwestexponierten Kahlfläche ein ähnlich hohes Keimlingsprozent (14 %) erreicht wurde wie unter Schirm auf der Südfläche.

Den unterschiedlichen Ergebnissen zufolge ergab die Varianzanalyse keinerlei gesicherte Abhängigkeiten des Keimlingsprozents von der Überschildung oder von der Bodenbearbeitung. Auch eine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren wurde nichterkennbar (Tab. 17).

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung		mit Bodenbearbeitung	
			Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent	Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent
			St.	%	St.	%
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	70	9,3	84	11,1
	schw.Schirmh.	1.1	59	33,5	32	18,2
	st.Schirmh.	2.2	81	27,6	67	22,7
	Kahlhieb	1.3	5	14,3	5	14,3
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	-	-	-	-
	st.Schirmh.	4.2	-	-	-	-
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	5	6,8	17	23,0
	st.Schirmh.	5.2	4	31,3	7	53,8
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	82	13,1	98	15,7
	st.Schirmh.	6.2	25	8,4	42	14,1

- = keine Permanentaufnahme

Tab. 16: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1977 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Tanne.

Streuung	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Gesamt	914,2	11	83,2		
Block	223,7	2	111,9	~1	n. sig.
Faktor A "Beschirmung"	249,2	1	249,2	2,08	n. sig.
Fehler (a)	239,4	2	119,7		
Faktor B "Bodenbearbeitung"	89,0	1	89,0	3,16	n. sig.
Wechselwirkung A x B	0,5	1	0,5	<1	n. sig.
Fehler (b)	112,9	4	28,2		

Tab. 17: Ergebnis der Varianzanalyse: Keimlingsprozent im Jahr 1977; Baumart Tanne.

Signifikanz: n.sig. = nicht signifikant

(Zugrundegelegt wurden folgende Mittelwerte: Fläche 1.0/2.2; 5.0/5.2; 6.0/6.2)

Daraus kann gefolgert werden, daß sich unterschiedliche Behandlungsarten des Altbestandes sowie Bodenbearbeitung nicht eindeutig auf das Keimergebnis ausgewirkt haben.

3.232.23 Buche

Auf den Teilparzellen bewegte sich die Gesamtzahl der beobachteten Buchenkeimlinge zwischen 55 und 590 Stück, wobei weitaus die meisten Individuen immer auf den voll überschirmten Kontrollparzellen zu zählen waren (Tab. 18).

In einem ähnlich weiten Rahmen wie die Individuenzahlen schwankten auch die Keimlingsprozente, nämlich zwischen knapp 7 % auf der starken Schirmhiebparzelle 5.2 im Minimum und 60 % im Höchstfall auf der Kontrollparzelle 1.0 - beide Male auf den unbearbeiteten Teilparzellen. Soweit Teilparzellen mit Bodenbearbeitung beobachtet wurden, ergaben sich Keimlingsprozente zwischen 30 und 40. Auffallend niedrig fiel das Ergebnis für die schwache Schirmhiebparzelle 1.1 aus. Knapp 13 % sind deshalb bemerkenswert, weil auf der unmittelbar benachbart liegenden Parzelle 2.2 (s. Abb. 2 in Kap. 2.21) von nur halb soviel Bucheckern über 50 % keimten. Dies ist ein Zeichen dafür, daß auf der Parzelle 1.1 bereits vor Beginn der Keimperiode ein deutlich höherer Anteil Bucheckern zu Schaden gekommen sein mußte als in der Umgebung. Zurückzuführen ist das auf eine lokal höhere Mäusedichte - hervorgerufen durch ein besseres Angebot an Wohn- und Unterschlupfmöglichkeit - und damit auf verstärkten Mäusefraß (FEULNER, 1979; s. auch Abschn. 4).

Die Varianzanalyse, mit der die Ergebnisse für die unbearbeiteten und bodenbearbeiteten Teilparzellen unter dichter und stark aufgelockelter Überschirmung auf der 900 m ü.NN gelegenen Hauptversuchsfläche und der 1.200-m-Fläche auf gesicherte Unterschiede hin geprüft wurden, erbrachte zwar Signifikanz des Standorts (Block), jedoch keinerlei gesicherte Unterschiede zwischen den Keimlingsprozenten verschieden überschirmter Parzellen. Ein gesicherter Einfluß der Bodenbearbeitung auf das Keimergebnis ergab sich nicht. Der Tab. 19 ist außerdem zu entnehmen, daß eine Wechselwirkung zwischen der Bodenbearbeitung und der Beschirmung nicht nachweisbar war.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung		mit Bodenbearbeitung	
			Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent	Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent
			St.	%	St.	%
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	432	60,3	256	35,7
	schw.Schirmh.	1.1	56	12,8	-	-
	st.Schirmh.	2.2	92	50,6	73	40,1
	Kahlhieb	1.3	0	0	0	0
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	284	30,0	382	40,3
	st.Schirmh.	4.2	61	31,8	59	30,7
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	189	26,9	-	-
	st.Schirmh.	5.2	55	6,9	-	-
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	590	25,5	-	-
	st.Schirmh.	6.2	249	31,4	-	-

- = keine Permanentaufnahme

Tab. 18: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestands und der Bodenbearbeitung; Baumart Buche.

Streuung	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Gesamt	275,46	7	39,35		
Block	127,91	1	127,91	261,04	*
Faktor A "Beschirmung"	7,94	1	7,94	16,20	n. sig.
Fehler (a)	0,49	1	0,49		
Faktor B "Bodenbearbeitung"	26,10	1	26,10	<1	n. sig.
Wechselwirkung A x B	0,34	1	0,34	<1	n. sig.
Fehler (b)	112,68	2	56,34		

Tab. 19: Ergebnis der Varianzanalyse; Keimprozent im Jahr 1978; Baumart Buche.

Signifikanzen: n.sig. = nicht signifikant

* = signifikant bei $p = 0,05$

(Zugrundegelegt wurden folgende Mittelwerte: Flächen 1.0/2.2; 4.0/4.2)

Daraus ist zu schließen, daß bei der Keimung von Bucheckern andere Faktoren, wie Standortsunterschiede (z.B. Meereshöhe) oder Schadereignisse (z.B. Mäusegradation) einen möglichen Einfluß der Beschirmung oder der Bodenbearbeitung bei weitem überlagern können.

3.232.24 Ahorn

Die Zahl der erfaßten Ahornkeimlinge schwankte sehr stark, nämlich zwischen 21 und 600 Stück je Teilparzelle (Tab. 20). Es errechneten sich Keimlingsprozente, die allgemein gesehen beim Ahorn höher ausfielen als bei den anderen Baumarten. Die Werte bewegten sich zwischen minimal 36 % und maximal 100 %, wobei auf der Kahlfläche - unabhängig von der Bodenbearbeitung - alle dort registrierten keimfähigen Ahornfrüchte Kotyledonen bildeten.

Zieht man die Mittelwerte für die Kontroll- und starken Schirmhiebparzellen zur varianzanalytischen Überprüfung der Faktoren Beschirmung und Bodenbearbeitung heran, so zeigt sich keine Signifikanz im statistischen Sinne und ergibt sich auch keine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren (Tab. 21).

Bei Betrachtung eines jeden Einzelwertes in Tab. 20 deutet sich jedoch insofern ein Trend an, als die Keimlingsprozente unter vollem Schirm nahezu immer geringer sind als die unter stark aufgelokkerter Überschirmung. Ausgenommen blieben in dieser Beziehung nur die Werte für die bodenbearbeiteten Teilparzellen 1.0 und 2.2 auf der Hauptversuchsfläche. Dort errechnete sich mit 88 % gegenüber 65 % das höhere Keimlingsprozent für die Kontrollparzelle. Es erscheint damit denkbar, daß abnehmende Überschirmung das Keimergebnis des Ahorn verbessert.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung		mit Bodenbearbeitung	
			Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent	Anzahl beob. Keimlinge	Keimlings- prozent
			St.	%	St.	%
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	288	47,0	604	88,1
	schw.Schirmh.	1.1	134	72,3	-	-
	st.Schirmh.	2.2	219	93,0	196	64,6
	Kahlhieb	1.3	21	100,0	52	100,0
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	52	36,2	58	41,1
	st.Schirmh.	4.2	48	78,7	78	87,5
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	66	43,4	-	-
	st.Schirmh.	5.2	565	60,0	-	-
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	532	67,7	-	-
	st.Schirmh.	6.2	251	98,8	-	-

- = keine Permanentaufnahme

Tab. 20: Zahl der Keimlinge sowie Keimlingsprozent 1978 in Abhängig-
keit von der Behandlung des Altbestands und der Boden-
bearbeitung; Baumart Ahorn.

Streuung	SQ	FG	MQ	F-Wert	Signifikanz
Gesamt	1.547,65	7	221,09		
Block	132,68	1	132,68	<1	n. sig.
Faktor A "Beschirmung"	612,5	1	612,5	3,08	n. sig.
Fehler (a)	199,0	1	199,0		
Faktor B "Bodenbearbeitung"	28,28	1	28,28	<1	n. sig.
Wechselwirkung A x B	239,80	1	239,80	1,43	n. sig.
Fehler (b)	335,39	2	167,69		

Tab. 21: Ergebnis der Varianzanalyse: Keimlingsprozent im Jahr 1978;
Baumart Ahorn.

Signifikanzen: n.sig. = nicht signifikant

(Zugrundegelegt wurden folgende Mittelwerte: Fläche 1.0/2.2;
4.0/4.2)

3.232.3 Das Pflanzenprozent

Unter Pflanzenprozent wird hier das Verhältnis der im Herbst auf einer Teilparzelle gezählten ein- bzw. zweijährigen Verjüngungspflanzen zur Anzahl der dort vorgefundenen keimfähigen Samen (Mittelwerte der Gesamtparzelle) verstanden.

Für den Keimjahrgang 1977 ergaben sich zwei Werte dadurch, daß einmal mit den am Ende der Vegetationsperiode einjährigen Pflanzen im Herbst 1977, zum anderen im Herbst 1978 mit den inzwischen zweijährigen Individuen gearbeitet wurde.

Die Betrachtung von Keimlingsprozenten erlaubt Rückschlüsse auf die Überwinterung und die Phase des Auflaufens der Samen, während Pflanzenprozente Aufschlüsse über die Phase des Fußfassens der Verjüngung geben.

Aus den Ergebnissen der "periodischen Aufnahmen" ließen sich die Pflanzenprozente für sämtliche Teilparzellen des Versuchs errechnen. Die Einzelwerte sind in den Tab. 22, 24, 26, 28 aufgelistet, ebenso die jeweilige Zahl der überlebenden Jungpflanzen.

Dem Einfluß der Beschirmung und der Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Höhe des Pflanzenprozentes wurde wieder durch Varianzanalyse nachgegangen. Dabei gingen die zuvor transformierten Mittelwerte für die unbearbeiteten und bodenbearbeiteten Teilparzellen unter dichter (= Kontrolle) sowie stark aufgelockerter Überschirmung (= starker Schirmhieb) auf den 6 Versuchsflächen in die Rechnung ein. Die Ergebnisse können den Tab. 23, 25, 27 und 29 entnommen werden. Ein Rechenbeispiel befindet sich im Anhang IIIa.

3.232.31 Fichte

In der Tab. 22 sind für alle Teilflächen im Zaun, getrennt nach unbearbeiteten und bodenbearbeiteten Teilparzellen, drei verschiedene Pflanzenprozente für Fichte aufgeführt: Die Pflanzenprozente von einjährigen Individuen im Herbst 1977 und im Herbst 1978 sowie das Pflanzenprozent von zweijährigen Fichten im Herbst 1978.

Der Vergleich der Ergebnisse ist in mehrererlei Hinsicht aufschlußreich: Einmal läßt sich sehr rasch erkennen, daß unabhängig von der waldbaulichen Behandlung des Altbestandes und vom Pflanzenalter nahezu immer die höheren Pflanzenprozente auf die Teilflächen mit Bodenbearbeitung treffen. Dies konnten wir schon bei der Betrachtung der Keimlingsprozente feststellen (s. Kap. 3.232.21). Das bedeutet wiederum, daß der zahlenmäßige Vorsprung der bodenbearbeiteten vor den unbearbeiteten Teilparzellen in der Phase des Fußfassens der jungen Fichten erhalten blieb.

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Keimjahrgang 1977				Keimjahrgang 1978			
			im Herbst 1977		im Herbst 1978		im Herbst 1978		im Herbst 1978	
			ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.
			% (St.)	% (St.)	% (St.)	% (St.)	% (St.)	% (St.)	% (St.)	% (St.)
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	5,5 (16)	10,0 (29)	4,8 (14)	8,6 (25)	1,1 (29)	1,6 (42)		
	schw.Schirmh.	1.1	5,8 (83)	13,7 (196)	4,9 (70)	12,1 (174)	3,1 (75)	5,5 (132)		
	st.Schirmh.	1.2	6,5 (53)	15,1 (123)	5,8 (47)	13,6 (111)	2,5 (41)	3,0 (49)		
	Kahlhieb	1.3	1,2 (2)	2,5 (4)	1,2 (2)	1,8 (3)	3,1 (6)	7,3 (14)		
	Kontrolle	2.0	2,1 (16)	3,1 (24)	0,4 (3)	0,7 (5)	0 (0)	1,1 (21)		
	schw.Schirmh.	2.1	9,7 (85)	11,6 (102)	8,1 (71)	9,5 (84)	5,8 (106)	7,5 (136)		
	st.Schirmh.	2.2	8,8 (36)	13,9 (57)	7,8 (32)	12,9 (53)	5,1 (71)	7,9 (110)		
	Kahlhieb	2.3	1,7 (5)	3,1 (9)	1,7 (5)	2,1 (6)	2,9 (15)	3,9 (20)		
800 m NW	Kontrolle	3.0	1,8 (9)	11,7 (102)	0,5 (4)	2,4 (21)	0,1 (4)	0,3 (22)		
	st.Schirmh.	3.2	6,4 (77)	18,1 (218)	4,7 (56)	14,8 (178)	3,1 (102)	5,1 (167)		
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	1,3 (18)	4,4 (60)	0,5 (7)	2,9 (39)	1,4 (9)	1,9 (12)		
	st.Schirmh.	4.2	3,4 (24)	7,0 (49)	2,6 (18)	6,1 (43)	5,1 (43)	7,8 (66)		
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	2,3 (17)	3,8 (28)	1,1 (8)	1,2 (9)	0,1 (15)	0,1 (13)		
	st.Schirmh.	5.2	18,8 (45)	34,2 (80)	16,3 (38)	30,0 (70)	4,2 (180)	3,6 (156)		
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	1,0 (5)	3,4 (17)	0,4 (2)	2,8 (14)	0,7 (19)	1,0 (26)		
	st.Schirmh.	6.2	1,7 (6)	4,7 (17)	1,7 (6)	4,4 (16)	2,5 (56)	3,4 (77)		

Tab. 22: Pflanzenprozent von einjährigen Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 und 1978 sowie von zweijährigen Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Fichte. (Zahl der keimfähigen Samen s. Tab. 12; (St.) = Zahl der markierten Pflanzen auf 32 m².)

Auffällig ist weiter bei den einjährigen Verjüngungspflanzen der Unterschied zwischen den Ergebnissen im Herbst 1977 und 1978 für jeweils die gleiche Teilparzelle: Wie schon das Keimlingsprozent, wiesen auch die Pflanzenprozent von einjährigen Fichten 1978 gegenüber dem Vorjahr meist einen niedrigeren Wert auf. Nur wenige Parzellen, die aber ohnehin immer niedrig liegen, wichen davon ab, wie z.B. die Kahlhiebsparzellen 1.3 und 2.3. 1977 schwankten die Werte für die Pflanzenprozent in den Extremen zwischen 1 % und 34 %. 1978 hingegen wurden an einjährigen Individuen im besten Fall nicht einmal 8 % erreicht.

Des weiteren besteht gewissermaßen eine kontinuierliche Abfolge der Pflanzenprozentwerte, die mit geringen Werten unter dichtem Schirm beginnt, über den Schirmhieb oft auf ein Mehrfaches steigt, um dann meistens wieder auf der Kahlfäche zu fallen. Daraus läßt sich eindeutig schließen, daß die Bedingungen für junge Fichten auf den lichter gestellten Schirmhiebsparzellen wesentlich günstiger gewesen sein mußten als sie es unter dem dichten Schirm der Kontrollparzellen und auf dem Kahlschlag waren.

Die Pflanzenausbeute an zweijährigen Fichten lag im Herbst 1978 zwischen 0,4 und 30 % der Zahl keimfähiger Samen aus dem Jahr 1976/77. Vergleicht man die Ergebnisse mit den Vorjahreswerten, den damals einjährigen Fichten, so zeigt sich wie erwartet, daß die Pflanzenprozente besonders auf den dicht überschirmten Parzellen gesunken waren (z.B. Parzellen 2.0, 3.0, 4.0 und 5.0), und zwar gleichermaßen auf den Teilflächen mit und ohne Bodenbearbeitung. Auf den dicht überschirmten unbearbeiteten Teilparzellen ergaben sich meistens Werte unter 1, auf den bodenbearbeiteten Werte unter 3. Unter aufgelockertem Schirm dagegen fielen auch in der zweiten Vegetationsperiode deutlich weniger junge Fichten aus; in der Regel blieben die Pflanzenprozente über 4, auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen sogar oft über 10.

Durch die Varianzanalyse konnte eine gesicherte, meist sogar höchstsignifikante Abstufung der Pflanzenprozente, sowohl innerhalb der Überschirmungsvarianten als auch zwischen den Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung nachgewiesen werden. Eine Wechselwirkung zwischen der Beschirmung und der Bodenbearbeitung war dagegen nicht festzustellen (Tab. 23).

Daraus kann gefolgert werden, daß eine aufgelockerte Überschirmung das Fußfassen der Fichtenverjüngung begünstigt, unter dichter Überschirmung dagegen die Pflanzenausbeute beständig abnimmt. Des weiteren kann daraus geschlossen werden, daß sich zunächst nichts an dem zahlenmäßigen Vorsprung der bearbeiteten Teilparzellen ändert, d.h. sich auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen keine höheren Ausfälle ereigneten als auf den unbearbeiteten.

Verjüngungs- pflanzen im Herbst geprüf- ter Faktor	einjährige		zweijährige
	1977	1978	1978
Block	n. sig.	n. sig.	n. sig.
Beschirmung (A)	*	***	***
Bodenbearbeitung (B)	***	**	***
Wechselwirkung (A x B)	n. sig.	n. sig.	n. sig.

Tab. 23: Ergebnisse der Varianzanalysen: Pflanzenprozent im Herbst 1977 und 1978; Baumart Fichte.

(Zugrundegelegt wurden sämtliche Mittelwerte der Kontroll- und der starken Schirmhiebparzellen.

Signifikanzen: n.sig. = nicht signifikant;

* = signifikant bei $p = 0,05$

** = signifikant bei $p = 0,01$

*** = signifikant bei $p = 0,001$

3.232.32 Tanne

Die Pflanzenprozent der Tanne können für die im Herbst 1977 überlebenden einjährigen und für die dann im Herbst 1978 noch vorhandenen zweijährigen Pflanzen der Tab. 24 entnommen werden. Sie liegen, zieht man den Vergleich mit der Fichte, durchwegs höher. Es fällt auf, daß gerade die Extremwerte nach oben und unten (3 % bzw. 63 % bei einjährigen sowie 1 % bzw. 42 % bei zweijährigen Individuen) für Parzellen ermittelt wurden, auf denen ohnedies nur geringe Samenmengen zu Boden gelangt waren, wie z.B. auf den Kahlhiebsparzellen oder der Nordfläche (s. Tab. 24, letzte Spalte).

Ohne die genannten Extremwerte schwankten die Pflanzenprozent einjähriger Tannen im Herbst 1977 - abhängig von der Art der Beschirmung und davon, ob eine Bodenbearbeitung stattfand - zwischen 5 und 34, wobei für die Kontrollparzellen des öfteren Werte unter 10 % und für die Schirmhiebparzellen Werte zwischen 17 % und 34 % vorkamen. In den meisten Fällen waren die Pflanzenprozent für die Schirmhiebparzellen wesentlich höher als die für die Parzellen mit geschlossenem, dichtem Schirm. Lediglich die Südfläche und die bodenbearbeiteten

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	einjährige Verjüngungspflanzen im Herbst 1977		zweijährige Verjüngungspflanzen im Herbst 1978		Zahl der keimfähigen Samen St./m ²
			ohne Bodenbearb. % (St.)	mit Bodenbearb. % (St.)	ohne Bodenbearb. % (St.)	mit Bodenbearb. % (St.)	
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	6,5 (49)	7,5 (57)	4,1 (31)	5,4 (41)	24
	schw.Schirmh.	1.1	18,8 (33)	16,5 (29)	17,0 (30)	14,8 (26)	6
	st.Schirmh.	1.2	17,1 (90)	22,1 (116)	13,1 (69)	19,4 (102)	16
	Kahlhieb	1.3	11,4 (4)	11,4 (4)	11,4 (4)	5,7 (2)	1
	Kontrolle	2.0	6,0 (4)	12,0 (8)	4,5 (3)	4,5 (3)	2
	schw.Schirmh.	2.1	16,7 (15)	26,8 (24)	11,2 (10)	23,4 (21)	3
	st.Schirmh.	2.2	25,5 (75)	19,0 (56)	23,1 (68)	18,0 (53)	9
	Kahlhieb	2.3	62,5 (6)	41,7 (4)	41,7 (4)	31,2 (3)	<1
800 m NW	Kontrolle	3.0	2,9 (3)	21,5 (22)	1,0 (1)	9,8 (12)	3
	st.Schirmh.	3.2	8,9 (16)	11,7 (21)	7,2 (13)	9,5 (17)	6
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	18,7 (12)	23,4 (15)	18,7 (12)	23,4 (15)	2
	st.Schirmh.	4.2	33,9 (13)	33,9 (13)	23,4 (9)	33,9 (13)	1
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	6,8 (5)	8,2 (6)	1,4 (4)	4,1 (3)	2
	st.Schirmh.	5.2	31,3 (4)	46,9 (6)	31,3 (4)	31,3 (4)	<1
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	7,8 (49)	11,0 (69)	6,4 (40)	9,8 (61)	20
	st.Schirmh.	6.2	4,7 (14)	9,4 (28)	4,4 (13)	9,4 (28)	9

Tab. 24: Pflanzenprozente von ein- und zweijährigen Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 bzw. 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Tanne.

((St.) = Zahl der markierten Pflanzen auf 32 m².)

Teilflächen in 800 m ü.NN machten eine Ausnahme. Dort kamen unter dichtem Schirm - relativ wie absolut - mehr Tannen an als unter aufgelockertem Schirm. Bei der Südfläche kommt noch hinzu, daß die Pflanzenausbeute unter stark aufgelockerter Überschildung geringer war als auf den anderen Flächen. Die Befunde für die Kontroll- und die starken Schirmhiebparzellen unterschieden sich nicht im statistischen Sinne. Signifikant hingegen waren die Unterschiede zwischen den Ergebnissen für die Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung (Tab.25). Es ergab sich meist der höhere Wert für die bodenbearbeitete Teilparzelle.

Verjüngungs- pflanzen im geprüf- Herbst ter Faktor	einjährige 1977	zweijährige 1978
Block	n. sig.	n. sig.
Beschirmung (A)	n. sig.	*
Bodenbearbeitung (B)	*	n. sig.
Wechselwirkung (A x B)	n. sig.	n. sig.

Tab. 25: Ergebnisse der Varianzanalysen: Pflanzenprozent im Herbst 1977 und 1978; Baumart Tanne.

(Zugrundegelegt wurden sämtliche Mittelwerte der Kontroll- und der starken Schirmhiebparzellen.

Signifikanzen: n.sig. = nicht signifikant

* = signifikant bei $p = 0,05$)

Die Pflanzenprozent der zweijährigen Tannen bewegten sich - die eingangs genannten Extreme nicht berücksichtigt - etwa zwischen 4 und 34. Vergleicht man die Ergebnisse waldbaulich unterschiedlich behandelter Parzellen und berücksichtigt gleichzeitig die entsprechenden Vorjahreswerte, so zeigt sich, daß der insgesamt gesehen bemerkenswert geringe Rückgang in der Pflanzenausbeute unterschiedlich stark erfolgte: unter dichtem Schirm nahmen die Pflanzenprozent verhältnismäßig stärker ab als für die lichter gestellten Schirmhiebparzellen. Auch auf der Südfläche verringerte sich der Vorsprung der Kontroll- gegenüber der starken Schirmhiebparzelle zusehens. Die varianzanalytische Überprüfung der Unterschiede zwischen den Befunden für die Kontroll- und die starken Schirmhiebparzellen ergab dann auch einen gesicherten Einfluß der Beschirmung auf das Ankommen der Tannenverjüngung. Auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen fanden sich zwar meist immer noch mehr Tannenpflanzen als auf den unbearbeiteten, der Unterschied war jedoch nicht mehr signifikant (s. Tab.25).

Für die Tanne kann somit der Schluß gezogen werden, daß Bodenbearbeitung zwar das Ankommen im ersten Jahr zu begünstigen vermag, sich diese Wirkung jedoch bereits in der zweiten Vegetationsperiode zu verlieren beginnt. Mit dem Einfluß der Beschirmung hingegen verhält es sich umgekehrt: im ersten Jahr kommt ihre Wirkung auf die Höhe der Pflanzenausbeute noch nicht sicher zum Tragen, doch schon in der zweiten Vegetationsperiode ergeben sich unter aufgelockerter Überschirmung signifikant höhere Werte als unter dichtem Schirm.

Bemerkenswert sind der allgemein geringe Rückgang der Pflanzenausbeute in der zweiten Vegetationsperiode und die gegenüber der Fichte verhältnismäßig hohen Pflanzenprozentage.

3.232.33 Buche

Auf einzelnen Teilparzellen konnten im Herbst 1978 bis zu einem Viertel der Zahl keimfähiger Bucheckern als einjährige Verjüngungspflanzen registriert werden, im allgemeinen war jedoch die Ausbeute viel geringer (Tab. 26). Meist wiesen die Kontrollparzellen, die - mit Ausnahme der Nordfläche - stets mehr Altbuchen aufwiesen und daher deutlich mehr Bucheln erhielten, auch die höchsten Pflanzenprozentage auf. Nur auf der 1.200-m-Fläche (4.0/2) überlebten mehr Individuen auf der starken Schirmhiebparzelle. Die Pflanzenzahlen schwankten stark, insgesamt zwischen einer und 561 jungen Buchen je Teilparzelle. Auch die Pflanzenprozentage bewegten sich in einem so weiten Rahmen und so ungerichtet, daß weder aus dem Vergleich der Befunde für dicht und weniger dicht überschirmte Parzellen noch der für bodenbearbeitete und unbearbeitete Teilflächen ein gerichteter Einfluß von Beschirmung bzw. Bodenbearbeitung abzuleiten war (Tab. 27). Die Ergebnisse für die einzelnen Teilparzellen wurden vielmehr stark durch andere Faktoren, wie Insektenbefall, Pilzschäden und besonders Mäusefraß, beeinflußt (s. auch Kap. 3.233). Diese sind offensichtlich geeignet, auch über die Keimperiode hinaus einen eventuellen Einfluß von Beschirmung und Bodenbearbeitung oder eine mögliche Wechselbeziehung zwischen beiden zu überlagern.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	einjährige Verjüngungspflanzen im Herbst 1978		Zahl der keimfähigen Samen St./m ²
			ohne Bodenbearb. % (St.)	mit Bodenbearb. % (St.)	
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	24,7 (177)	11,7 (84)	22
	schw.Schirmh.	1.1	1,4 (6)	0,9 (4)	14
	st.Schirmh.	1.2	0,2 (1)	0,6 (3)	16
	Kahlhieb	1.3	0 (0)	0 (0)	<1
	Kontrolle	2.0	1,3 (4)	10,1 (31)	10
	schw.Schirmh.	2.1	0,4 (1)	0,4 (1)	7
	st.Schirmh.	2.2	3,8 (7)	5,5 (10)	6
	Kahlhieb	2.3	0 (0)	0 (0)	<1
800 m NW	Kontrolle	3.0	0 (0)	0 (0)	17
	st.Schirmh.	3.2	0 (0)	0 (0)	6
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	8,3 (79)	11,0 (104)	30
	st.Schirmh.	4.2	16,1 (31)	17,7 (34)	6
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	6,4 (45)	4,5 (32)	22
	st.Schirmh.	5.2	0,9 (7)	0,4 (3)	25
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	14,9 (344)	24,2 (561)	72
	st.Schirmh.	6.2	8,3 (66)	4,0 (32)	25

Tab. 26: Pflanzenprozente einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestandes und der Bodenbearbeitung; Baumart Buche.
((St.) = Zahl der markierten Pflanzen im Herbst 1978 auf 32 m².)

Insgesamt gesehen läßt sich für Buche feststellen, daß in der Regel - absolut wie relativ - die meisten jungen Pflanzen unter der dichten Überschildung der Kontrollparzelle zu finden sind. Zunächst ist dies wohl auf das dort reichliche Angebot an Bucheckern zurückzuführen. Eine weitergehende Aussage läßt sich - infolge der Besonderheiten des Jahres 1978 - nach nur einer Vegetationsperiode noch nicht machen.

ge- prüfter Faktor	Verjüngungs- pflanzen	einjährig im Herbst 1978
Block		n. sig.
Beschirmung (A)		n. sig.
Bodenbearbeitung (B)		n. sig.
Wechselwirkung (A x B)		n. sig.

Tab. 27: Ergebnis der Varianzanalyse: Pflanzenprocente im Herbst 1978; Baumart Buche.

(Zugrundegelegt wurden sämtliche Mittelwerte der Kontroll- und der starken Schirmhiebparzellen.

Signifikanz: n.sig. = nicht signifikant)

3.232.34 Ahorn

Die für 1978 errechneten Pflanzenprocente einjähriger Ahornverjüngungen sind in der Tab. 28 aufgelistet. Es gab Teilparzellen mit weniger als 5 Jungpflanzen (Parz. 2.0, 3.0, 3.2). Hierbei handelte es sich um Parzellen mit ohnedies geringem Samenangebot. Auf allen anderen Parzellen waren jedoch die absoluten Pflanzenzahlen zumeist hoch. Es waren bis zu 278 Stück junge Ahorne je Teilparzelle zu zählen.

Die Pflanzenprocente schwankten stärker als bei anderen Baumarten. Sie lagen zwischen 11 und 100 %⁺⁾ . Im allgemeinen konnten auf locker überschirmten Parzellen relativ mehr Ahornpflanzen Fuß fassen als unter dichtem Schirm. Auf der Kahlfläche kam meist über die Hälfte der dort registrierten keimfähigen Ahornfrüchte an.

⁺⁾ Für die Teilparzelle 2.1 mit Bodenbearbeitung ergab sich rein rechnerisch sogar ein Pflanzenprocent von über 100. Dies ist darauf zurückzuführen, daß dort entweder überdurchschnittlich viele Ahornfrüchte zu Boden gelangt sind und keimten, oder daß hier wie auf anderen Parzellen (vor allem Kahlschlag) eine unbekannte Zahl von Keimlingen aus letztjährigen, überliegenden Früchten hinzukam. VON SCHÖNBORN (1964) erklärt das Überliegen von Ahornfrüchten damit, daß die Fruchtschale durch Austrocknung lederartig zäh und undurchlässig für Wasser wird. In Verbindung mit einer mangelhaften Sauerstoffzufuhr und einer mechanischen Entwicklungsbehinderung kommt es dann zu einer Keimhemmung, die zum Überliegen führt.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	einjährige Verjüngungspflanzen im Herbst 1978		Zahl der keimfähigen Samen St./m ²
			ohne Bodenbearb. % (St.)	mit Bodenbearb. % (St.)	
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	19,0 (99)	53,3 (278)	16
	schw.Schirmh.	1.1	14,2 (31)	23,9 (52)	7
	st.Schirmh.	1.2	33,8 (27)	18,8 (15)	3
	Kahlhieb	1.3	31,3 (8)	62,5 (16)	1
	Kontrolle	2.0	18,8 (3)	6,3 (1)	<1
	schw.Schirmh.	2.1	100,0 (56)	100,0 (83)	2
	st.Schirmh.	2.2	29,4 (95)	28,5 (92)	10
	Kahlhieb	2.3	66,7 (160)	52,9 (127)	8
800 m NW	Kontrolle	3.0	0 (0)	0 (0)	<1
	st.Schirmh.	3.2	2,8 (1)	2,8 (1)	1
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	10,6 (14)	14,9 (21)	4
	st.Schirmh.	4.2	62,5 (38)	100,0 (62)	2
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	21,3 (28)	19,1 (25)	4
	st.Schirmh.	5.2	33,3 (273)	19,8 (162)	26
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	31,6 (264)	31,8 (266)	26
	st.Schirmh.	6.2	51,0 (129)	63,7 (161)	8

Tab. 28: Pflanzenprozent einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 in Abhängigkeit von der Behandlung des Altbestands und der Bodenbearbeitung; Baumart Ahorn.

(St.) = Zahl der markierten Pflanzen im Herbst auf 32 m².)

War schon bei der Keimung ein Trend zu einem höheren Ergebnis auf Teilparzellen mit aufgelockerter Überschirmung erkennbar (s. Kap. 3.232.24), so bestätigte sich dieser auch hier bei den Pflanzenprozenten. Der Unterschied zu den niedrigeren Werten für die dicht überschirmten Kontrollparzellen war allerdings auch diesmal nicht abzusichern (Tab. 29). Auch die Wirkung der Bodenbearbeitung erwies sich

Verjüngungs- geprüfter Faktor	einjährig im Herbst 1978
Block	n. sig.
Beschirmung (A)	n. sig.
Bodenbearbeitung (B)	n. sig.
Wechselwirkung (A x B)	n. sig.

Tab. 29: Ergebnis der Varianzanalyse: Pflanzenprozent im Herbst 1978; Baumart Ahorn.

(Zugrundegelegt wurden sämtliche Mittelwerte der Kontroll- und der starken Schirmhiebparzellen.
Signifikanz: n. sig. = nicht signifikant)

für das Pflanzenprozent von Ahorn als nicht signifikant; einmal waren mehr Jungpflanzen auf dem bodenbearbeiteten Teil der Parzellen, bei anderen Parzellen auf der unbearbeiteten Teilfläche. Eine Wechselwirkung zwischen der Beschirmung und Bodenbearbeitung war nicht feststellbar.

Aus den Befunden geht somit hervor, daß die Verjüngung des Ahorn in einem sehr weiten Bereich - unter dichtem Schirm der Kontrollparzellen bis hin zu den Kahlflächen - ausreichend ankommt, sofern nur Samen den Boden erreichen. Es hat den Anschein, daß aufgelockerte Überschirmung das Fußfassen der Ahornverjüngung begünstigt.

3.233 Ausfall und Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen

Durch die "periodischen Aufnahmen" wurden die Ausfallraten markierter Verjüngungspflanzen zweimal pro Jahr auf allen Parzellen bestimmt. Mit den "Permanentaufnahmen" wurden auf ausgewählten Teilparzellen (s. Kap. 2.221) die Schäden, die an jungen Pflanzen auftraten, erfaßt und im Abstand von 14 Tagen weiterverfolgt. Dies ermöglichte präzise Aussagen über die Schadereignisse und -ursachen. Da bekanntlich die Witterung Ausfallart und -menge zu beeinflussen vermag, wird noch einmal ein kurzer Abriß über die Witterung im Beobachtungszeitraum vorangestellt (s.a. Kap. 2.4).

Witterung:

Beide Vegetationszeiten, 1977 und 1978 waren durch ein feuchtes Frühjahr und einen feuchten, kühlen Sommer gekennzeichnet (s.auch Tab. 1 und 2 im Anhang I). Insbesondere 1978 waren die Temperaturen von April bis Oktober zu niedrig, während die Niederschläge bis zu 100 % über dem langjährigen Mittel lagen. Beide Winter - 1977/78 und 1978/79 - waren zu milde und zeichneten sich in ihrem Verlauf durch mehrere Ausaperungsperioden aus. Die späten Schneefälle Ende März und Mitte April in beiden Jahren trafen jeweils die ersten keimenden Buchen-, Ahorn- und Tannensamen, als sich deren Hypokotyle zum Teil bereits aufzurichten begannen.

3.233.1 Die Schadensursachen (Ausfallursachen)

Im Verlauf der "Permanentaufnahmen" wurden die folgenden Schadereignisse festgestellt und beschrieben:

Abiotische Schäden:

- Verletzungen, Abknicken, insbesondere z.Zt. des Aufrichtens des Hypokotyls durch Starkregen, Hagel, Abrutschen von Schnee aus den Baumkronen, Schneegleiten am Boden; betroffen davon waren vor allem die frühkeimenden Baumarten Ahorn, Buche und Tanne. Aber auch an Fichtenkeimlingen wurden solche Ereignisse beobachtet.
- Abschwemmungen von einzelnen Individuen, Überdecken durch Blätter und Äste, usw. bei Starkregen, Barfrost und Frosttrocknis auf früh ausapernden Stellen (1978 häufig beobachtet); betroffen waren alle Baumarten, letzterer Schaden nur an Nadelbaumarten, überwiegend an Fichten auf lichter gestellten Parzellen.
- Vertrocknen, vor allem bei stärkerer Humusaufgabe als Folge von Trockenperioden; häufiger bei Fichte.
- Hitzeeinwirkungen auf den Kahlhiebparzellen und auf der südexp. nierten Schirmhiebparzelle; in erster Linie an Nadelholzarten beobachtet.

Biotische Schäden:

Fraß:

Fraßschäden wurden vor allem durch Mäuse verursacht. Sie sind immer einwandfrei an der gestuften Fraßstelle zu erkennen und von Wild- und Weideviehverbiß zu unterscheiden (s. Abb. 19), der im übrigen nur wenig in Erscheinung trat (s. Kap. 3.234.6).

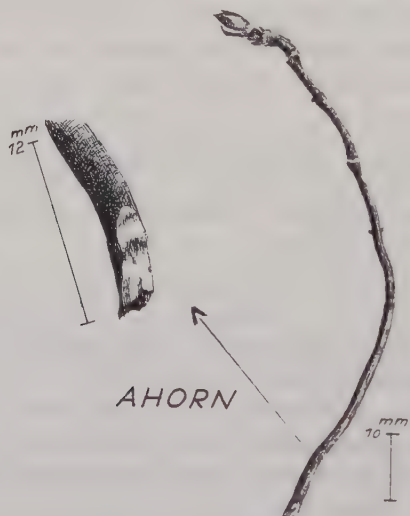


Abb. 19: Charakteristisches Schadbild von Mäusefraß an Verjüngungspflanzen.

1977 und 1978 traten von Anfang bis Ende Juni Schnecken als Schädlinge auf. Dieser Zeitraum entspricht ziemlich genau der Hauptkeimperiode der Fichtensamen.

Viele der für ihren Fraß an Jungpflanzen bekannten Insekten, wie *Grillotalpa vulgaris*, die Maulwurfsgrille, polyphage Kurzrüssler, *Phyllobius arborator*, der Grünrüssler, *Orchestes fagi*, der Buchenspringrüssler sowie Blattkäfer, wurden nur vereinzelt beobachtet. Stärker hervorgetreten sind dagegen Tipulidenlarven der Art *Pales crocata*. Die gelbbändige Riesenschnake zwickte innerhalb weniger Tage im Juli 1977 und 1978 mehrere Fichten- und Tannenkeimlinge ab und ließ sie dann liegen.

Auf Buchen kam häufig die Buchenblatt-Baumlaus, *Phyllaphis Fagi*, vor. Sie verursachte erhebliche Vitalitätseinbußen.

Pilze:

Phytophthora omnivora, der Buchenkeimlingspilz, befiel - besonders bei feuchter Witterung - Buchen- und Ahornkeimlinge gleichermaßen, und zwar vom Beginn der Entfaltung der Keimlinge Anfang Mai an bis zur Verholzung des Epikotyls Mitte Juli/Anfang August. Abb. 20 zeigt das typische Bild eines bereits abgestorbenen Keimlings, der in der Folge rasch zerfällt.

BUCHE



Abb. 20 Durch Befall von *Phytophthora omnivora* abgestorbener Buchenkeimling.

Botrytis cinerea, der Grauschimmel, ruft an bereits verholzten Buchenkeimlingen charakteristische braun-graue Verfärbung der Blätter hervor, was zu erheblichen Vitalitätsverlusten der betroffenen Individuen führt und deren Tod hervorrufen kann. Gelegentlich wurde dieser Pilz auch an Fichtenkeimlingen gefunden, wo er sich durch fahlgrüne, verbogene Nadeln bemerkbar machte, aber nur selten zum Ausfall der betroffenen Individuen führte (Abb. 21).



Abb. 21: Charakteristische Befallsbilder von Verjüngungspflanzen der Fichte durch:

- a) *Botrytis cinerea*
- b) *Hertotrychia nigra*

Hertotrychia nigra, Schneeschimmel, kam ausschließlich auf der 1.200 m hoch gelegenen Fläche vor. Der Pilz verursachte Schwächungen der einjährigen Fichten⁺⁾ , was häufig deren Ausfall zur Folge hatte. Jedoch bereits in Höhenlagen von 900 m und weniger war die Dauer der Schneelage zu kurz, bzw. die Flächen aperten z.T. mehrmals im Verlauf des Winters aus, als daß der schwarze Schneeschimmel sich dort in bedrohlichem Umfang hätte entwickeln können.

⁺⁾ An zweijährigen Verjüngungspflanzen wurde nach dem Winter 1978/79 bei der ersten Kontrolle ebenfalls Schneeschimmel festgestellt. Die Entwicklung konnte jedoch nicht weiterverfolgt werden, da dies der letzte Beobachtungstermin für diese Arbeit war.

3.233.2 Verlauf der Pflanzenverluste und ihre Ursachen

3.233.21 Fichte:

Der Verlauf der Mortalität der jungen Fichtenpflanzen ist in Tab. 30 dargestellt. Danach fallen vor allem drei Erscheinungen ins Auge: einmal zeigt sich ein deutlicher Einfluß der Überschirmungsdichte. Zum anderen haben die Keimlinge des Jahres 1978 stärkere Einbußen erlitten als die Individuen des Keimjahres 1977, was sich ja auch bereits in den Keimprozenten manifestierte. Und schließlich ist offensichtlich, daß die Verluste im Verlauf der Vegetationszeit fast immer höher lagen als im Winterhalbjahr, ausgenommen davon war nur die 1.200 m hoch gelegene Fläche 4.0/2. Tab. 30 läßt diese Befunde gut erkennen.

Ver- suchs- fläche	Behandlung den Altbestands (Parz. Nr.)	Pflanzenjahrgang 1977						Pflanzenjahrgang 1978					
		Zahl d. markier- ten Pfl.	Gesamt- ausfall	davon Ausfall in Periode				Zahl d. markier- ten Pfl.	Gesamt- ausfall	davon Ausfall in . Periode		Veg.zeit 1978	Winter 78/79
				Veg.zeit 1977	Winter 77/78	Veg.zeit 1978	Winter 78/79			Veg.zeit 1978	Winter 78/79		
		Stk	%	%	%	%	%	Stk	%	%	%		
Haupt- vers. 900 m NW	Kontrolle (1.0)	25	44	36	0	8	0	122	82	76	6		
	schw. Schirmh. (1.1)	102	33	20	2	10	1	138	53	46	7		
	st. Schirmh. (2.2)	36	17	3	3	8	3	106	36	33	3		
	Kahlhieb (1.3)	3	33	33	0	0	0	8	38	25	13		
1200 m NW	Kontrolle (4.0)	29*	79*	31	34	4	10	23	65	61	4		
	st. Schirmh. (4.2)	28*	50*	14	7	14	15	61	39	31	8		
Nord 900 m	Kontrolle (5.0)	48	90	65	8	10	7	78	91	81	10		
	st. Schirmh. (5.2)	52	39	17	6	8	8	241	44	26	18		
Süd 900 m	Kontrolle (6.0)	8	63	37	13	13	0	65	88	71	17		
	st. Schirmh. (6.2)	7	14	14	0	0	0	79	41	33	7		

*Dieser Wert entstammt der "periodischen Aufnahme", alle übrigen Werte der "Permanentenaufnahme"

Tab. 30: Die Mortalität der Fichtenpflanzen und ihr Verlauf.
(Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung)

Als Beispiel dafür wird der Hergang auf einer Parzelle abgebildet (Abb. 22). Daraus wird deutlich, daß trotz der unterschiedlichen Höhe der Ausfallquoten die Verluste in beiden Beobachtungsjahren im wesentlichen in der Zeit von Mitte Juni bis Mitte August eintraten. Gut erkennbar ist auch, daß die Bodenbearbeitung weder die Höhe der eingetretenen Schäden noch deren zeitlichen Verlauf beeinflußt hat.

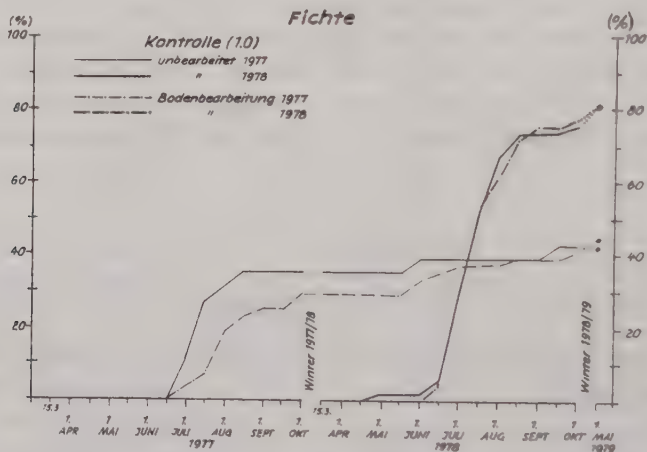


Abb. 22: Verlauf des Ausfalls von Fichtenverjüngungspflanzen der Keimjahrgänge 1977 und 1978 auf der Kontrollparzelle 1.0 auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit vom Zustand des Oberbodens.

(N unbearbeitet: 1977 = 25 St.; 1978 = 122 St.;
N Bodenbearbeitung: 1977 = 42 St.; 1978 = 196 St.)

Die außerordentliche Unterschiedlichkeit der Ausfallhöhe in beiden Versuchsjahren machte es bereits wahrscheinlich, daß es ganz verschiedene Ursachen waren, die sie bewirkten. Abb. 23 zeigt dann auch sehr klar: 1977 waren 41 % aller Ausfälle auf pilzliche Schäden zurückzuführen, 1978 überwogen dagegen mit 33 % die Fraßschäden (Mäuse) alle anderen Ausfallursachen.

Rückschlüsse auf den Zeitpunkt des Auftretens der einzelnen Schadursachen lassen sich aus der Tab. 31 herleiten.

FICHTE

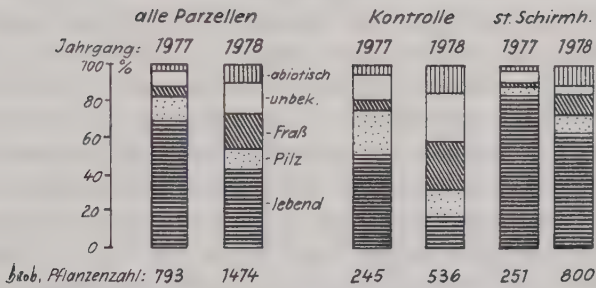


Abb. 23: Die Ursachen der Ausfälle von Fichtenkeimlingen, nach Jahrgängen geordnet.

Pflanzenjahrgang	Aufnahme-termin Abgangsursache	1. 15. Juni	1. 15. Juli	1. 15. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	Winter 77/78	Frühjahr 1978	Sommer 1978	Winter 78/79	Gesamt Periode
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1977	Pilz	0 57	34 30	51 54	46	69	26	54	26	31	41
	abiotisch	0 14	8 25	3 25	36	25	7	9	53	23	17
	Fraß	0 0	16 10	24 4	0	0	7	7	0	18	11
	unbekannt	0 29	42 35	22 17	18	6	60	30	21	28	31
	Gesamtzahl ausgefallener Pflanzen (St.)	0 7	88 40	37 24	11	16	15	57	19	39	353
1978	Pilz	0 3	3 8	22 38	23	44	22	entfällt			18
	abiotisch	0 20	20 16	31 23	7	12	17				19
	Fraß	0 57	57 57	11 13	33	0	26				33
	unbekannt	0 20	20 19	36 26	37	44	35				30
	Gesamtzahl ausgefallener Pflanzen (St.)	6 29	144 175	137 111	30	25	174	entfällt			833

Tab. 31: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Fichte.

(Insgesamt wurden 793 St. Fichten des Keimjahrgangs 1977 sowie 1474 St. des Keimjahrgangs 1978 beobachtet.)

Im einzelnen kann zu den Schadursachen nachfolgendes bemerkt werden:

Auf abiotische Schadursachen waren lediglich 12 % bis 33 % der Ausfälle zurückzuführen (Tab. 32). Auf den dicht überschirmten Parzellen waren diese Schadursachen deutlich und, wie die Varianzanalyse ergab, signifikant weniger häufig als auf den lichter beschirmten oder gar den Kahlhiebsparzellen. Darin äußert sich vor allem der Schutzeffekt, den der Schirm Starkregen und Hagel gegenüber bietet. Interessanterweise hat sich der verringerte Schirmschutz auf solchen Probekreisen besonders nachteilig bemerkbar gemacht, deren Bodenoberfläche zu Versuchsbeginn bearbeitet worden war. Die Schäden abiotischer Art, die dort auftraten, waren signifikant stärker als auf den unbehandelten Probekreisen. Es wurde häufig beobachtet und ist in der Literatur mehrfach beschrieben (z.B. LUFT, 1973), daß Regentropfen beim Aufprall auf den Mineralboden Erdpartikel wegschleudern, die sich wie Manschetten um die Sprosse der Keimpflanzen legen, so daß diese absterben. Der letzte Beweis, ob diese Erscheinung wirklich ursächlich für den Ausfall war, muß allerdings offenbleiben; er wäre nur durch experimentelles Vorgehen zu erbringen.

Behandlung des Altbestands	ohne Bodenbearbeitung		mit Bodenbearbeitung		Insgesamt Schadursache abiotisch %
	Anzahl ausgefallener Pflanzen	davon Schadursache abiotisch	Anzahl ausgefallener Pflanzen	davon Schadursache abiotisch	
	St.	%	St.	%	
Kontrolle	316	12	324	16	14
schw.Schirmh.	107	21	40	33	24
st.Schirmh.	236	22	144	25	23
Kahlhieb	4	25	15	33	32

Tab. 32: Anteil der abiotischen Schäden am Gesamtausfall von Fichtentopfpflanzen (Jahrgang 1977 und 1978) in Abhängigkeit von der Beschirmung und vom Zustand des Oberbodens.

Ganz anders verhielt es sich dagegen in dieser Beziehung mit den Verlusten, die durch "Fraß" entstanden, also biotischer Natur waren. Sie waren nämlich gerade auf den nicht bodenbearbeiteten Parzellenteilen signifikant höher als auf den bearbeiteten. Auch hierzu kann keine eindeutige Erklärung gegeben werden. Immerhin läßt sich aber wohl die allgemeine Aussage vertreten, daß Bodenbearbeitung in diesem Falle für die den Fraß verursachenden Tiere bzw. Insekten ungünstigere Bedingungen schuf; so auch HUSS, 1971, der nach Bodenbearbeitung eine deutliche Verringerung von Hylobius-Schäden an Fichtenpflanzen feststellte.

Die ebenfalls sehr bedeutsamen Pilzschäden boten im Beobachtungszeitraum ein sehr uneinheitliches Bild. Im Jahr 1977 traten sie signifikant stärker auf den dicht überschirmten Parzellen auf, während die Pilze 1978 bei deutlich geringerem Anteil an den Schadursachen mehr Verluste auf den Schirmhiebparzellen verursachten.

Bemerkenswert schließlich an den Befunden über die Ausfälle an jungen Fichtenpflanzen ist der hohe Anteil, für den keine Erklärung gefunden werden konnte. Es zeigte sich daran, daß die Abläufe nach dem Auftreten von Schäden oft so schnell vonstatten gehen, daß selbst bei 14tägigen Aufnahmeintervallen kein eindeutiges Ansprechen mehr möglich ist. Folglich müssen auch die drei anderen Schadenskategorien von ihrer Größenordnung her mit gewisser Vorsicht begutachtet werden.

3.233.22 Tanne:

Nur im Jahr 1977 kam auf allen Teilparzellen in nennenswertem Umfang Tannenverjüngung an; auf deren Betrachtung beschränkt sich daher die folgende Analyse der Schadursachen. In Tab. 33 und Abb. 24 ist der zeitliche Verlauf der Mortalität und in Abb. 25 der Anteil der Schadursachen dargestellt.

Dabei fällt zweierlei auf: Zum einen ist der Einfluß der Überschirmungsdichte auf die Ausfallquote nicht auf allen Flächen einheitlich. So fielen auf der Hauptversuchsfläche bei etwa gleicher absoluter Pflanzenzahl unter lockerem Schirm nur knapp halb so viele markierte Pflanzen aus wie auf der dicht überschirmten Kontrollparzelle. Auf

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands (Parz. Nr.)	Zahl d. markierten Pfl.	Gesamtausfall	davon Ausfall in Periode			
				Veg.zeit 1977	Winter 77/78	Veg.zeit 1978	Winter 78/79
		St	%	%	%	%	%
Hauptvers. 900 m NW	Kontrolle (1.0)	70	57	31	7	17	1
	schw.Schirmh. (1.1)	59	49	44	0	5	0
	st.Schirmh. (2.2)	81	19	7	3	6	3
	Kahlhieb (1.3)	5	20	20	0	0	0
1200 m NW	Kontrolle (4.0)	13*	8	8	0	0	0
	st.Schirmh. (4.2)	13*	38	0	0	38	0
Nord 900 m	Kontrolle (5.0)	5	40	0	0	20	20
	st.Schirmh. (5.2)	4	0	0	0	0	0
Süd 900 m	Kontrolle (6.0)	82	52	40	0	11	1
	st.Schirmh. (6.2)	25	48	44	0	4	0

*Dieser Wert entstammt der "periodischen Aufnahme", alle anderen Werte der "Permanentaufnahme".

Tab. 33: Die Mortalität der Tannenzpflanzen und ihr Verlauf.
(Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung)

der Südfläche dagegen waren die Abgangsquoten unter den verschiedenen Schirmvarianten nahezu gleich. Zum anderen ereigneten sich die Verluste an Tannenkeimlingen - ähnlich den Fichten - bevorzugt in der ersten Vegetationsperiode. Abb. 24 zeigt beispielhaft, daß die Ausfälle im wesentlichen von Anfang Juni bis Mitte Juli eingetreten sind.

Bodenbearbeitung wirkte sich weder auf den zeitlichen Ablauf noch so wesentlich auf die Höhe der Ausfälle aus, als daß alle Ergebnisse einzeln aufgeführt werden müßten. Im folgenden werden zwei Beispiele von der Hauptversuchsfläche gegeben:

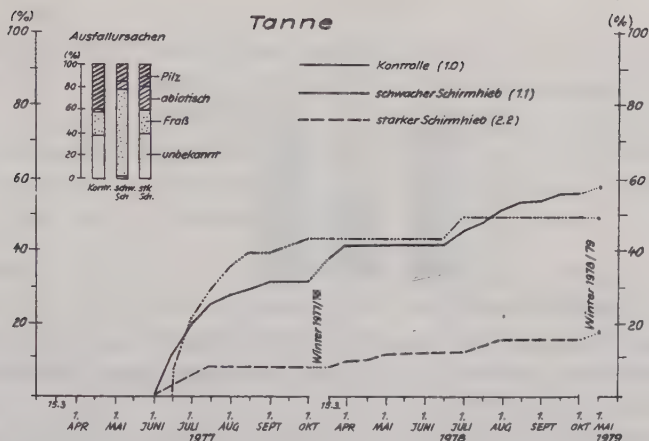


Abb. 24: Verlauf des Ausfalls von Tannenverjüngungspflanzen des Keimjahrgangs 1977 auf unterschiedlich überschilderten Parzellen (N: s. Tab. 33).

Unter dem dichten Schirm der Kontrollparzelle 1.0 fielen von 89 markierten Tannen auf der bodenbearbeiteten Teilfläche insgesamt 54 % aus, zwei Drittel davon bereits in der ersten, das übrige Drittel dann in der zweiten Vegetationsperiode. Auf der starken Schirmhiebparzelle 2.2 ging auf den Probekreisen, deren Bodenoberfläche bearbeitet worden war, ein Viertel der 71 Jungpflanzen verloren, 21 % in der ersten Vegetationsperiode, die restlichen 4 % im folgenden Sommer. Die entsprechenden Ausfallprozente auf den unbearbeiteten Probekreisen waren 57 % auf der Parzelle 1.0 und 19 % auf der Parzelle 2.2 (s. Tab. 33).

Rückschlüsse auf die Schadensursachen läßt Abb. 25 zu.

Jeweils ein Drittel aller Abgänge von Tannenverjüngungspflanzen ging auf Pilz- und Fraßschäden zurück, 10 % auf abiotische Ursachen; für die restlichen 30 % war die Ausfallursache nicht eindeutig zu bestimmen. Stellt man die Anteile der Schadensursachen jeweils für die Parzellen mit dichtem und lockerem Schirm zusammen, so ist dabei vor allem der unterschiedliche Anteil abiotischer Schäden bemerkenswert. Auf den starken Schirmhiebparzellen waren es von 66 dort ausgefallenen Tannen 31 %, unter dichtem Schirm von 177 Stück dagegen nur 3 %, die auf abiotische Schadensursachen zurückzuführen waren.

TANNE

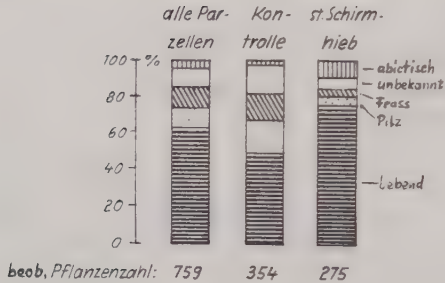


Abb. 25: Die Ursachen der Ausfälle von Tannenzweigen des Keimjahrgangs 1977 während der gesamten Beobachtungsperiode.

Rückschlüsse auf den Zeitpunkt des Auftretens der einzelnen Schadensursachen lassen sich aus der Tab. 34 ziehen, deren Werte über die Ergebnisse der "Permanentaufnahmen" hergeleitet wurden.

Aufnahme- termin Abgangs- ursache	1977								1978		
	1. Juni		1. Juli		1. Aug.		1. Sept.		Winter 77/78	Frühjahr 1978	Sommer 1978
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Pilz	5	10	17	30	58	55	63	37	70	42	44
abiotisch	27	4	9	14	8	5	12	27	0	7	12
Fraß	27	24	47	33	17	35	13	36	0	17	12
unbekannt	41	62	27	23	17	5	12	0	30	34	32
Gesamtzahl ausgefallener Kneipen	22	29	78	30	12	20	8	11	10	29	25
											7

Tab. 34: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Tanne (N: 759 St.).

Bemerkenswert daran ist, daß knapp ein Drittel der Ausfälle im Frühjahr 1977 auf abiotische Schäden zurückzuführen war. Es handelte sich dabei in erster Linie um die späten Schneefälle im März und April, die einen Teil der schon aufgerichteten Individuen geknickt haben. Im Juni folgten dann vor allem Fraßschäden, ab August waren es schließlich Pilzinfektionen, die mehr als die Hälfte der Abgänge in dieser Zeit bewirkten. Einflüsse von Exposition, Höhenlage oder Bodenbearbeitung auf den Ablauf und den Anteil der einzelnen Schadensursachen am Gesamtausfall konnten nicht festgestellt werden.

3.233.23 Buche:

Die Bucheckern keimten sehr früh, schon unter der Schneedecke hatten sie bis zu 2 cm lange Keimwurzeln ausgebildet. Wie bereits vorher die Ecker, ist auch der Keimling vielen Gefährdungen ausgesetzt. Für die untersuchte Buchenmast des Jahres 1977 waren es vor allem die Mäuse, die Schäden und Ausfälle verursachten. Sie seien deshalb bei der Betrachtung der Abläufe vorangestellt.

Aus eingehenden Untersuchungen (BÄUMLER, HOHENADL, 1980) war bekannt, daß das erhöhte Nahrungsangebot aus der Fichten- und Tannenmast des Jahres 1976 bereits zu einer Stärkung der Mäusepopulation geführt hatte. Dem hohen Ausgangsbestand der Nager im Herbst 1977 kam die dann zu Boden gelangte erneute Fichten- und vor allem Buchenmast ganz außerordentlich zugute. Die Mäusepopulation vermehrte sich - selbst unter dem Schnee - beträchtlich und erreichte ihren Höhepunkt im April/Mai des Jahres 1978, zu einer Zeit also, als auch der Keimprozeß der Buchen sein Maximum erreichte. Die Entwicklung der Mäusepopulation auf den Versuchsflächen und deren Zusammensetzung nach Arten zeigen die folgenden Abb. 26 und 27.

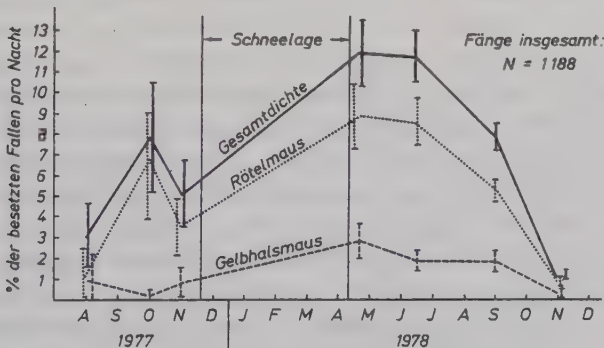


Abb. 26: Entwicklung der Mäusedichte, gemessen am Anteil der besetzten Fallen pro Nacht im Untersuchungsgebiet (BÄUMLER, HOHENADL, 1980).

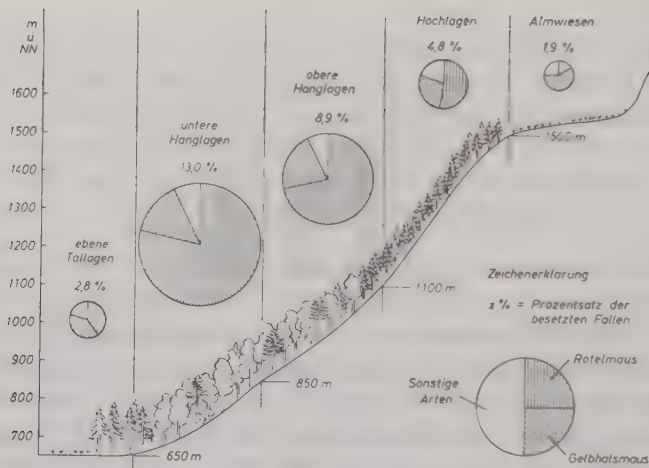


Abb. 27: Abundanz und Dominanz der Rötel- und Gelbhalsmaus und anderer Mäusearten in verschiedenen Höhenstufen (BÄUMLER, HOHENADL, 1980).

Wenn auch die Verluste an Bucheckern, die durch Mäuse verursacht wurden, nicht mehr genau zu ermitteln waren, sondern überschlagsweise hergeleitet mit mehr als 182.000 Bucheckern/ha angenommen werden müssen, so sind doch die Abgänge an Keimlingen und Jungpflanzen sehr exakt anhand von über 2.779 markierten Pflänzchen erfaßt worden. Tab. 35 ist zunächst zu entnehmen, daß die Ausfälle insgesamt zwischen 49 % im günstigsten und 80 bis 95 % in den meisten Fällen lagen. Aus der gleichen Tabelle ergibt sich auch, daß sie im wesentlichen in der Vegetationszeit 1978 eintraten und daß alle Parzellenarten davon betroffen waren. Die Tab. 36 läßt dann Rückschlüsse auf die Schadensursachen zu. Sie sind danach von April bis in den Juni nahezu vollständig von den Mäusen bestimmt, und auch in der Folge ist der Anteil der Mäuseschäden am Gesamtausfall noch ganz beträchtlich.

Ver- suchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Par- zelle	Zahl d. markier- ten Pfl.	Gesamt- ausfall 1978	davon Ausfall in Periode	
		Nr.			Veg.zeit 1978	Winter 78/79
Haupt- vers. 900 m NW	Kontrolle	1.0	432	65	59	6
	schw.Schirmh.	1.1	56	89	89	0
	st.Schirmh.	2.2	92	95	92	3
	Kahlhieb	1.3	0	0	0	0
1200 m NW	Kontrolle	4.0	284	86	74	13
	st.Schirmh.	4.2	61	56	49	7
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	189	85	76	9
	st.Schirmh.	5.2	55	87	87	0
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	590	49	42	7
	st.Schirmh.	6.2	249	73	73	0

Tab. 35: Die Mortalität der Buchenpflanzen und ihr Verlauf.
(Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung)

Dieser Befund wird dadurch noch bedeutsamer, daß mit großer Wahrscheinlichkeit auch viele der als "unbekannt" klassifizierten Verluste, die vor allem im Frühjahr einen großen Umfang hatten, auf Mäuse zurückzuführen sind. Denn in den frühen Entwicklungsphasen werden die Keimlinge oft vollständig aufgefressen oder verschleppt, so daß sie bei der Aufnahme nicht mehr gefunden werden und deshalb unter der Ausfallursache "unbekannt" registriert werden müssen. Zur Bedeutungslosigkeit fielen die Mäuse als Schadensverursacher erst im Winter 1978/79 ab; ein Blick auf Abb. 26 zeigt denn auch, daß die Population der Nager zu diesem Zeitpunkt wieder auf den Stand zurückgefallen war, den sie zu Beginn der Gradation gehabt hatte.

Kontrollparzellen (Parzellen: 1, 4, 5, 6, 6.0)

Aufnahme- termin Abgangs- ursache	1 9 7 8								Winter 78/79	ges. Beob. zeit
	1. 15. April (%)	1. 15. Mai (%)	1. 15. Juni (%)	1. 15. Juli (%)	1. 15. Aug. (%)	1. 15. Sept. (%)	1. 15. Okt. (%)			
Pilz	0 5	0 0	1 2	10 24	28 48	14	70	88	27	
abiotisch	0 39	2 2	1 0	4 6	5 1	0	7	1	3	
Fraß	40 43	57 82	92 96	85 69	56 50	86	19	6	62	
unbekannt	60 13	41 16	6 2	1 1	11 1	0	4	5	8	
Gesamtzahl ausgefallener Pflanzen (St.)	15 61	115 136	274 216	119 108	61 137	28	43	316	1629	

starke Schirmhiebe (Parzellen: 2, 2, 4, 2, 5, 2, 6, 2)

Pilz	0 0	0 0	1 15	15 67	100 50	100	0	79	7
abiotisch	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0	0	7	1
Fraß	96 22	65 78	96 85	85 27	0 50	0	0	7	72
unbekannt	4 78	35 22	3 0	0 7	0 0	0	0	7	20
Gesamtzahl ausgefallener Pflanzen (St.)	26 32	51 154	90 41	13 15	7 2	1	0	14	446

alle Parzellen (kontroll, schwacher und starker Schirmhieb, und hieb)

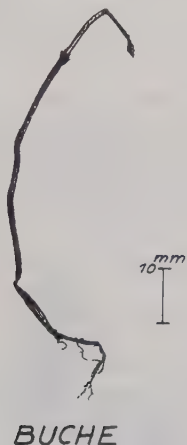
Pilz	0 3	0 0	1 1	10 29	36 48	17	70	88	22
abiotisch	0 26	1 1	1 1	4 5	4 1	0	7	1	3
Fraß	76 36	59 81	94 94	85 64	50 50	83	19	6	64
unbekannt	24 35	40 18	4 4	1 2	10 1	0	4	5	11
Gesamtzahl ausgefallener Pflanzen (St.)	41 93	172 310	375 271	132 123	68 139	29	43	330	2126

Tab. 36: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Buche.

(N alle Parzellen: 2.779 St., davon N Kontrollparzellen: 584 St. und N starke Schirmhiebe: 2.134 St.)

Die zweite bedeutsame Ausfallursache für junge Buchenkeimlinge waren Pilzschäden, die von Juli an auftraten und besonders im Winterhalbjahr zu erheblichen Verlusten führten. Als Verursacher wurde vor allem Phytophthora omnivora, der Buchenkeimlingspilz, festgestellt. Er trat, gefördert durch die feuchte Witterung, von Anfang Mai bis zur Verholzung des Epikotyls Ende Juli/Anfang August auf. Der Grauschimmel,

Botrytis cinerea, erkennbar an den charakteristischen braungrauen Verfärbungen der Blätter, führte nur gelegentlich zu Ausfällen. Nur auf den 1.200 m hoch gelegenen Parzellen war die dadurch verursachte Beeinträchtigung beachtlich. Nicht wenige der Pilzschäden verursachten in der Vegetationszeit so gravierende Vitalitätseinbußen, daß die betroffenen Pflanzen im folgenden Frühjahr nicht mehr austrieben (s. Abb. 28).



BUCHE

Abb. 28: Schadbild einer nach Befall durch *Botrytis cinerea* im Frühjahr nicht mehr austreibenden einjährigen Buchenpflanze.

Zu Vitalitätsverlusten führte auch der häufig beobachtete Befall durch *Phyllaphis fagi*, der Buchenblatt-Baumlaus, deren Entwicklungszyklus BURSHEL und VITÉ, 1951, sehr anschaulich beschreiben. Die Läuse (Abb. 29) saugen an Blättern und jungen Trieben und rufen dadurch Gelbfärbungen und Kräuselungen hervor.

Obwohl Abgänge dadurch nicht direkt bewirkt wurden, zeigte sich, daß derart geschwächte Individuen anderen Schadfaktoren besonders leicht zum Opfer fallen. So ist zu erwähnen, daß es im Verlauf der Vegetationszeit mehrfach zu Hagelschlägen kam, durch die die Keimlinge - insbesondere die geschwächten - oder deren Spitzen geknickt wurden. Die Abfolge verschiedener Schadwirkungen auf einen Buchenkeimling, der dadurch zu Tode kam, ist in der Abb. 30 dargestellt.

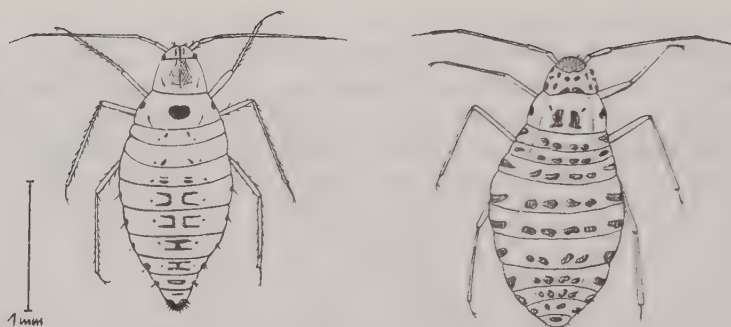


Abb. 29: Buchenblatt-Baumlaus (*Phyllaphis fagi*); ungeflügelte Virgines-Generation (nach PRIHODA, 1978).

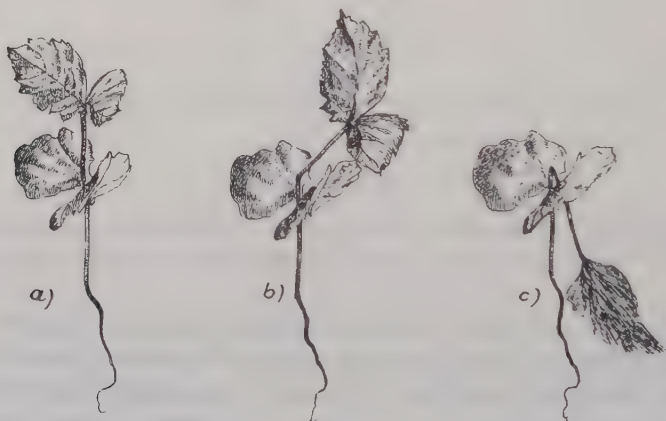


Abb. 30: Abfolge unterschiedlicher Schadwirkungen auf einen Buchenkeimling.

- a) Nach Befall durch *Phyllaphis fagi* (Anfang - Mitte Juni); noch keine wesentlichen äußerlichen Schädigungen, aber Vitalitäts- und Stabilitätsverlust.
- b) Hagel knickte geschwächten Primärsproß (23.6.1978).
- c) Pilzbefall (Art des Pilzes wurde nicht bestimmt) und Absterben (Mitte Juli - Anfang August).

Durch die Bodenbearbeitung wurden Höhe und Verlauf der Abgänge nur wenig beeinflusst. Darauf braucht deshalb nicht weiter eingegangen zu werden.

Schirmhieb- und Kontrollparzellen mußten z.T. beachtliche Verluste hinnehmen, die vom Beginn bis zum Höhepunkt der Vegetationszeit im wesentlichen durch Mäuse und später vor allem auf den Kontrollparzellen - allerdings in geringerem Umfang - durch Pilze hervorgerufen worden waren (Abb. 31 a und b).

Da auf den Schirmhiebparzellen die Zahl der beobachteten Keimlinge lediglich ein Drittel derjenigen auf den Kontrollparzellen betrug, wirkten sich die Verluste auf den gering überschirmten Parzellen wesentlich stärker aus als die unter dichtem Schirm; das aber bedeutet: ohne größere Verluste durch Mäuse wäre die Mortalität der jungen Buchen insgesamt nicht sehr bedeutsam gewesen.

3.233.24 Ahorn:

Wie die Bucheckern und die Tannensamen keimten auch die Ahornsamen sehr früh im Jahr und vielfach ebenfalls schon unter dem Schnee. Entsprechend früh und stark waren sie gefährdet. Der Verlauf der Mortalität der jungen Ahornpflanzen ist in Tab. 37 dargestellt worden.

Demnach fielen zwischen 25 und 78 %, meist etwas über die Hälfte der beobachteten Individuen, im Beobachtungszeitraum wieder aus. Bemerkenswert dabei ist, daß sich die Ausfallquoten unter dichter und weniger dichter Beschirmung kaum unterscheiden; lediglich die starke Schirmhiebparzelle in 1.200 m ü.NN macht da eine Ausnahme. Dort ging insgesamt nur ein Viertel der markierten Verjüngungspflanzen wieder verloren, während es auf der Kontrollparzelle fast drei von vieren waren, die überwiegend gefressen wurden.

Bodenbearbeitung hatte keinen sichtbaren Einfluß auf die Ausfallquote. So fielen z.B. auf der Kontrollparzelle 1.0 von 615 markierten Ahornpflanzen insgesamt 58 % gegenüber 67 % auf der unbearbeiteten Teilfläche aus und auf der starken Schirmhiebparzelle 2.2 von 197 Stück 54 % gegenüber 57 % auf der Teilparzelle ohne Bodenbearbeitung.

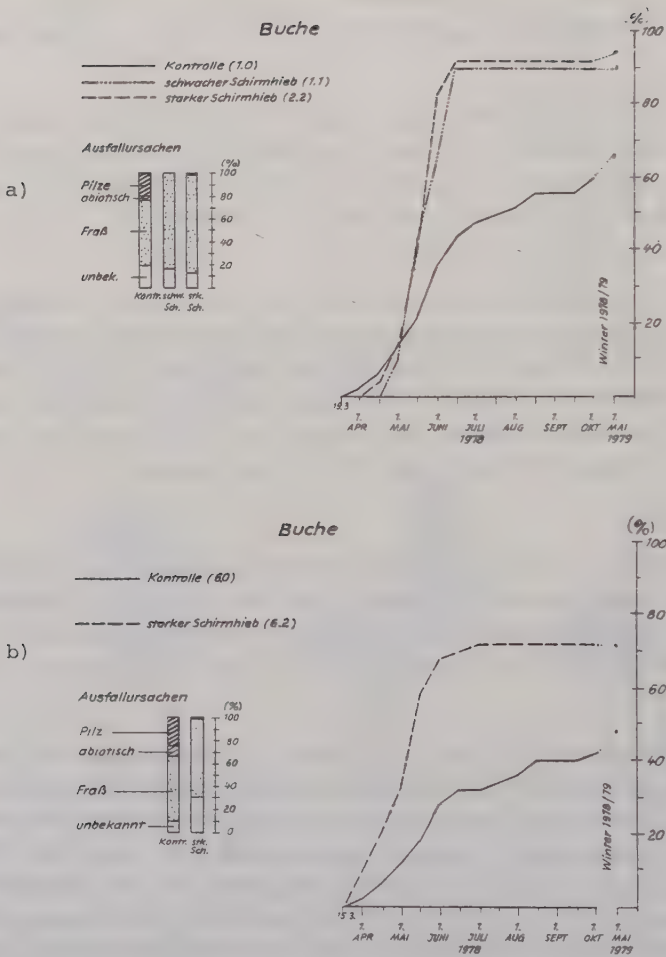


Abb. 31: Verlauf des Ausfalls von Buchenverjüngungspflanzen auf unterschiedlich überschirmten Parzellen

a) der Hauptversuchsfläche

b) der Südfläche.

(N: s. Tab. 35)

Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle	Zahl d. markierten Pfl.	Gesamtausfall 1978	davon Ausfall in Periode	
		Nr.			Veg.zeit 1978	Winter 78/79
Hauptvers. 900 m NW	Kontrolle	1.0	288	67	66	1
	schw.Schirmh.	1.1	134	78	77	1
	st.Schirmh.	2.2	219	57	57	0
	Kahlhieb	1.3	21	62	62	0
1200 m NW	Kontrolle	4.0	52	73	71	2
	st.Schirmh.	4.2	48	25	23	2
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	66	64	58	6
	st.Schirmh.	5.2	565	60	52	8
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	532	52	51	1
	st.Schirmh.	6.2	251	50	49	1

Tab. 37: Die Mortalität der Ahornpflanzen und ihr Verlauf.
(Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung)

Ein Großteil der Ausfälle ereignete sich in der Keimperiode bis etwa Anfang August. Abb. 32 läßt den Hergang am Beispiel der Hauptversuchsfläche gut erkennen.

Wie schon die Ausfallquoten, so zeigten sich auch die Anteile der einzelnen Schadursachen nahezu unabhängig vom Zustand des Altbestandes (Tab. 38). Bezogen auf den gesamten Beobachtungszeitraum wurden 73 % der ausgefallenen Keimlinge überwiegend von Mäusen gefressen, 6 % fielen pilzlichen Schäden zum Opfer und bei knapp einem Fünftel konnte die Ursache nicht eindeutig festgestellt werden.

Die Fraßschäden überwogen nahezu immer, ab Mitte Juni traten aber auch verstärkt Pilzschäden auf. Schäden abiotischer Art blieben dagegen unbedeutend. Mit knapp 60 % Fraßschäden - alle durch Mäuse verursacht - unterscheiden sich die Ausfälle über den Winter hin

Ahorn

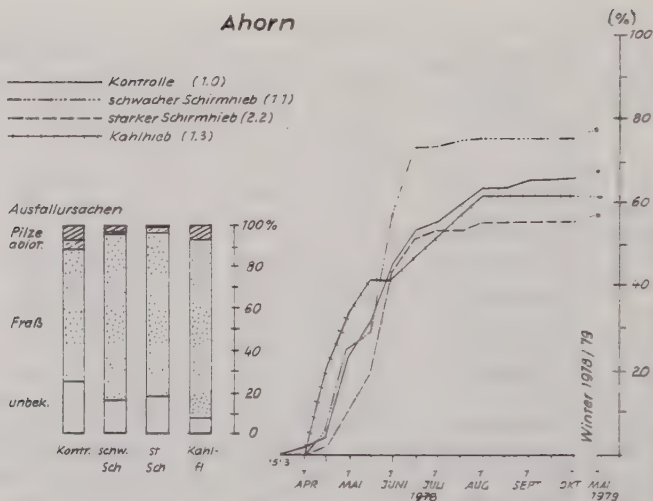


Abb. 32: Verlauf des Ausfalls von Ahornkeimlingen auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche.
(N: s. Tab. 37)

Aufnahme- termin Abgangs- ursache	1978										Gesamtperiode					
	1. April %	15. April %	1. Mai %	15. Mai %	1. Juni %	15. Juni %	1. Juli %	15. Juli %	1. Aug. %	1. Sept. %	1. Okt. %	Winter 78/79 %	alle Parz. %	Kontrolle %	st. Schirmh. %	
Pilz	0	1	0	0	0	4	20	15	42	37	14	50	25	6	7	5
abiotisch	0	2	2	1	1	1	3	10	8	2	0	0	2	2	3	1
Fraß	42	69	62	72	94	85	72	72	29	50	43	25	59	73	76	70
unbekannt	58	28	36	27	5	10	5	3	21	11	43	25	14	19	14	24
Gesamtzahl unge- fallener Pflanzen (37)	19	108	404	336	417	220	61	60	52	44	7	8	123	1859	949	755

Tab. 38: Die Pflanzenverluste und ihre Ursachen; Baumart Ahorn.
(N: 3.177 St.; davon Kontrolle: 1.611 St. und starker Schirmhieb: 1.359 St., Rest: Kahlhieb und schwacher Schirmhieb.)

von denen anderer Baumarten: An Tanne und Buche z.B. führten in der Winterperiode überwiegend Pilzschäden zum Absterben der Verjüngungspflanzen. Bemerkenswert erscheint noch folgende Beobachtung: Unmittelbar nach dem letzten großen Schneefall Mitte April verfärbten sich viele der Keimblätter deutlich dunkelgrün, fast blau-grün. Wenn man einmal von Fraßschäden absieht, so gingen in der Folgezeit nur 1 - 2 % dieser Individuen ein.

3.233.25 Bedeutung der Ausfälle mit unbekannter Schadensursache

Der Zahl nach konnte das Schicksal der markierten Verjüngungspflanzen hinreichend genau durch die Permanentaufnahmen (= 14tägige Kontrollen) verfolgt werden. Eine Erklärung für das Verschwinden von jungen Pflanzen war jedoch häufig nicht möglich. So blieb bei Fichte und Tanne die Ursache von nahezu einem Drittel aller Ausfälle unbekannt.

Für die Buchen- und Ahornverjüngung war der Mäusefraß in der Keimphase und kurz danach zwar entscheidend, dennoch konnte auch bei diesen Baumarten die Ursache für eine Reihe von Ausfällen (Ahorn 20 %, Buche 10 %) nicht eindeutig festgestellt werden.

Folglich müssen auch die anderen drei Schadenskategorien (Fraß-, Pilz-, abiotische Schäden) in ihrer Größenordnung mit gewisser Vorsicht begutachtet werden. Um wenigstens die Bedeutung der biotischen Schadensfaktoren für das Ankommen der Verjüngung besser kennenzulernen, wurde ein eigener "Schadensversuch" angestellt, dessen Ergebnisse im Abschnitt 4 vorgestellt werden.

3.233.3 Nicht letale Schäden an Verjüngungspflanzen

Bei den "periodischen Aufnahmen" im Frühsommer und Herbst wurden nicht nur die Verluste von markierten Verjüngungspflanzen erfaßt, sondern auch Schäden an noch lebenden Individuen, soweit davon die weitere Entwicklung der Pflanze betroffen war⁺⁾ .

Im Laufe der gesamten Beobachtungszeit sind von über 18.000 markierten Pflanzen 499 derart beschädigte, aber noch lebende Individuen beobachtet worden. Wegen der geringen Ereignishäufigkeit je Parzelle erschien eine Aufgliederung des Zahlenmaterials auf Parzellen wenig sinnvoll. Die Ergebnisse werden deshalb nur im Hinblick auf die Schadensursache, Jahreszeit des Schadenseintritts und die Baumart der betroffenen Pflanze mitgeteilt. Damit sollen lediglich Tendenzen aufgezeigt und die Aussagen über die Pflanzenverluste ergänzt werden.

+) Sofern ein Schaden (z.B. Verbiß) am Sproß eines Keimlings nicht zu niedrig oder erst gegen Ende der ersten Vegetationszeit eintrat, trieben meist noch zwei gegenständige Knospen neue Triebe. Demgegenüber führte tiefer Abbiß (z.B. unterhalb der Keimblätter) regelmäßig zum Tod der betroffenen Pflanzen.

In Tab. 39 sind diese Schadereignisse Schadperioden und Gruppen von Schadursachen zugeordnet worden.

Periode Schadens- ursache	Vegetat.- zeit 1977 %	Winter 77/78 %	Vegetat.- zeit 1978 %	gesamt 1977-1978 %
abiotisch	0	10	14	12
Fraß	100	83	77	80
sonst.	0	7	9	8
Gesamtzahl der geschädigten Pflanzen (St)	3	253	243	499

Tab. 39: Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen, getrennt nach Schadperioden.

In der Zeit von Juli bis Oktober 1977 zählten wir nur 3 geschädigte Pflanzen. In den beiden folgenden Perioden kamen jeweils etwa 250 erstmalig geschädigte, aber überlebende Individuen hinzu. Durchschnittlich 80 % der Fälle waren Fraßschäden. Der Tab. 40 ist zu entnehmen, daß so vor allem Buchen und Ahorn geschädigt wurden. Für die Nadelbaumarten bekamen abiotische Schadfaktoren eine gewisse Bedeutung, an der Fichte machten sie sogar 41 % aus. Die meisten Schäden absolut, wie auch im Verhältnis zur Gesamtzahl der im Herbst 1978 lebenden Verjüngungspflanzen, wies der Ahorn auf. Die Schadensrate lag bei etwa 6 %. Auch 4 % aller Tannenverjüngungspflanzen hatten einen Schaden, während Fichten- und Buchenpflanzen nur halb so oft zwar geschädigt, aber doch weiterlebend angetroffen wurden.

Die Befunde bestätigen eigentlich nur das, was schon die Untersuchung der Pflanzenverluste ergeben hat, nämlich daß junge Ahorne und Buchen bei entsprechenden Bedingungen (z.B. Mausgradation) stark befallen werden. Insbesondere Ahornpflanzen werden dabei auch im verholzten Zustand geschädigt. Der hohe Anteil geschädigter, aber weiterlebender Ahornpflanzen kann als ein Hinweis auf die Widerstandsfähigkeit dieses Baumart in der Jugend gewertet werden.

Baumart	Fi	Ta	Bu	Ah
Schadens- ursache	%	%	%	%
abiotisch	41	14	5	6
Fraß	38	70	85	90
sonst.	21	16	10	4
Zahl der geschädigten Pflanzen (St.)	68	57	39	335
Anteil an der Gesamtzahl der im Herbst 1978 leben- den Pflanzen (%)	2	4	2	6

Tab. 40: Schäden an Verjüngungspflanzen und deren Ursachen, getrennt nach Baumarten.

3.234 Pflanzendichten im Herbst 1978

In den Tabellen 41 bis 44 sind die im Herbst 1978 auf den nicht bodenbearbeiteten Teilparzellen festgestellten Verjüngungsdichten, nach Keimjahrgängen getrennt, samt Klumpungsgrad und Standardfehlerprozent aufgeführt. Jeweils für die Baumarten charakteristische Entwicklungen der Pflanzendichten sind in den Abb. 33 bis 37 dargestellt. Die Veränderungen wurden dabei über die Ergebnisse der "Permanentaufnahmen" hergeleitet.

3.234.1 Fichte

Im Herbst 1978 hatte sich die Fichtenverjüngung auf allen Teilparzellen mit Dichten zwischen 0,1 und 7,3 Stück pro Quadratmeter eingestellt (Tab. 41). Sie setzte sich dabei aus bis zu 60.000 einjährigen Fichten (Keimjahr 1978) und 1.000 bis 23.000 zweijährigen Fichten (Keimjahr 1977) pro Hektar zusammen. Auf allen Flächen wiesen die Schirmhiebparzellen deutlich die höheren Pflanzendichten gegenüber den entsprechenden Kontrollparzellen auf; unter lockerer Beschirmung signifikant höhere Pflanzenprozentage deuteten dieses Ergebnis ja bereits an (Kap. 3.232.3).

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Keimjahrgang 1977			Keimjahrgang 1978			Summe Pflanzen- zahl St./m ²
			Pflanzen- zahl St./m ²	Klumpungs- index K	Standard- fehler %	Pflanzen- zahl St./m ²	Klumpungs- index K	Standard- fehler %	
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,5	1,1	26	1,0	1,5	22	1,5
	schw.Schirmh.	1.1	2,3	1,2	12	2,5	1,5	14	4,8
	st.Schirmh.	1.2	1,4	1,6	19	1,3	1,2	17	2,7
	Kahlhieb	1.3	0,1	1,0	70	0,2	2,3	66	0,3
800 m NW	Kontrolle	2.0	0,1	1,0	56	0	—	—	0,1
	schw.Schirmh.	2.1	2,3	1,9	16	3,2	2,2	14	5,5
	st.Schirmh.	2.2	1,0	1,2	19	2,3	1,2	13	3,3
	Kahlhieb	2.3	0,2	0,9	42	0,4	1,2	31	0,6
1200 m NW	Kontrolle	3.0	0,1	1,0	48	0,1	1,6	60	0,2
	st.Schirmh.	3.2	1,8	1,8	18	2,5	2,3	17	4,2
Nord 900 m	Kontrolle	4.0	0,2	1,3	41	0,3	1,2	36	0,5
	st.Schirmh.	4.2	0,6	1,4	28	1,3	1,5	19	1,9
Süd 900 m	Kontrolle	5.0	0,3	0,8	31	0,5	0,9	24	0,8
	st.Schirmh.	5.2	1,3	1,4	18	6,0	3,7	14	7,3
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,1	1,0	56	0,6	1,9	32	0,7
	st.Schirmh.	6.2	0,2	0,9	37	1,7	1,9	19	1,9

Tab. 41: Mittlere Dichten, Standardfehlerprozent und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden ein- und zweijährigen Fichten auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen.

Zwei Beispiele für die Entwicklung der Verjüngungsdichte im Verlauf von zwei Jahren und ihre Abhängigkeit von der Überschirmung sind in den Abb. 33 und 34 dargestellt. Die Pflanzendichten überstiegen bereits nach der ersten Vegetationsperiode unter der aufgelockerten Überschirmung der Schirmhiebparzellen deutlich jene unter dem dichten Schirm der Kontrollparzellen. In der zweiten Vegetationsperiode sank die Dichte auf der Kontrollparzelle erneut stärker, so daß sich der Abstand zu den Pflanzendichten unter den Schirmhiebparzellen weiter erhöhte.

3.234.2 Tanne

Die Verjüngungsdichte der Tannen schwankte auf den einzelnen Teilflächen im Herbst 1978 zwischen 1.000 und 22.000 Individuen pro Hektar (Tab. 42). Dabei handelte es sich um die zweijährigen Verjüngungspflanzen des Mastjahres 1976/77.

Die höchste Verjüngungsdichte ergab sich auf der Hauptversuchsfläche unter aufgelockertem Schirm; auf der Südfläche hingegen kamen mehr junge Tannenpflanzen unter dem vollen Schirm der Kontrollparzelle an.

Im Beobachtungszeitraum veränderten sich die Pflanzendichten der Tannenverjüngung im allgemeinen relativ wenig (Abb. 35): nur die Parzellen mit dichter bzw. wenig aufgelockerter Überschirmung waren sichtbar von Ausfällen betroffen. Am wenigsten nahm die Dichte der jungen Tannen auf der locker überschilderten Parzelle 2.2 ab. Auch auf der Kahlhiebparzelle 1.3 konnten sich die wenigen angekommenen Verjüngungspflanzen ziemlich vollständig halten.

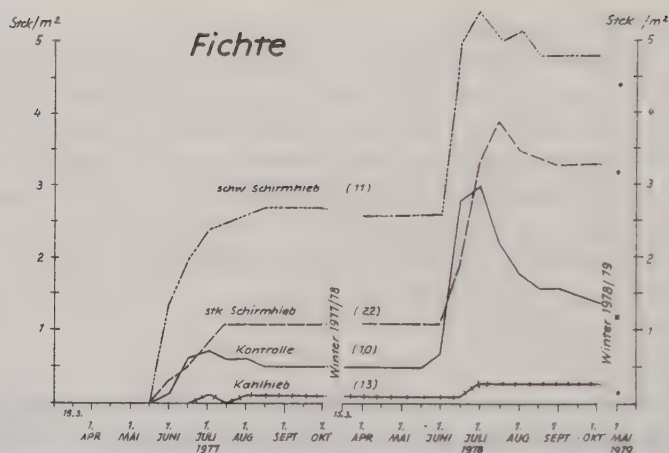


Abb. 33: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Fichte.
(Punktierte Linie: wegen Schneelage keine Aufnahmeergebnisse.)

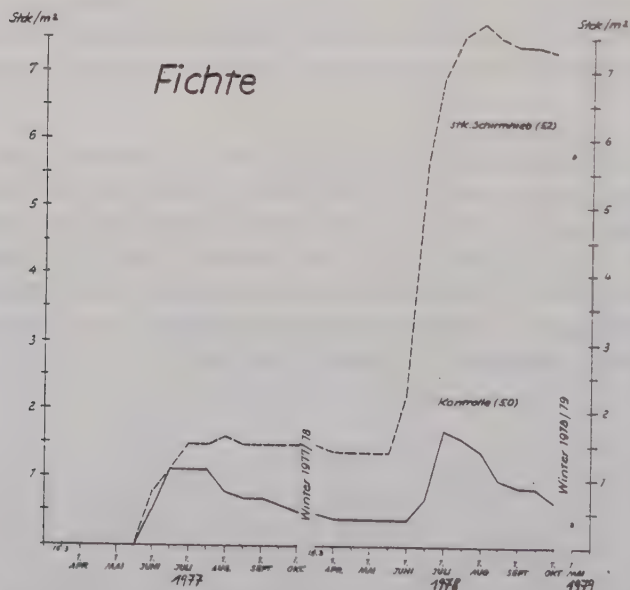


Abb. 34: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Nordfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Fichte.
(Punktierte Linie: wegen Schneelage keine Aufnahmeergebnisse.)

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Keimjahrgang 1977		
			Pflanzen- zahl St./m ²	Klumpungs- index K	Standard- fehler %
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	1,0	1,8	23
	schw.Schirmh.	1.1	1,0	4,7	39
	st.Schirmh.	1.2	2,2	3,0	21
	Kahlhieb	1.3	0,1	1,0	48
	Kontrolle	2.0	0,1	1,0	56
	schw.Schirmh.	2.1	0,3	1,1	33
	st.Schirmh.	2.2	2,2	2,1	17
	Kahlhieb	2.3	0,1	0,9	48
800 m NW	Kontrolle	3.0	0,0	—	—
	st.Schirmh.	3.2	0,4	1,7	37
1200 m NW	Kontrolle	4.0	0,4	1,0	29
	st.Schirmh.	4.2	0,3	1,1	36
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,1	2,0	70
	st.Schirmh.	5.2	0,2	0,9	42
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	1,3	1,1	16
	st.Schirmh.	6.2	0,4	1,7	36

Tab. 42: Mittlere Dichten, Standardfehlerprozent und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden zweijährigen Tanne auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen.

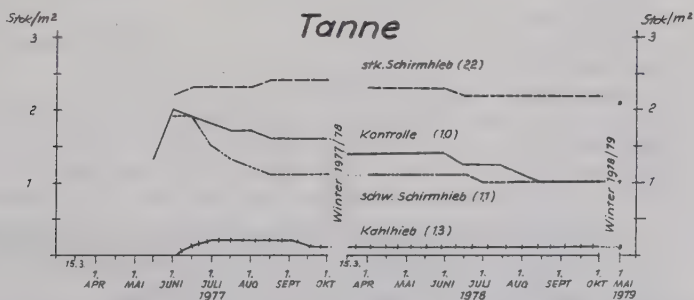


Abb. 35: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfäche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Tanne. (Punktierte Linie: wegen Schneelage keine Aufnahmeergebnisse.)

3.234.3 Buche

Die Buchenkeimlinge stammten ausschließlich aus der Mast 1977. Tab. 43 offenbart recht unterschiedliche Pflanzendichten im Herbst 1978. Es gab eine Reihe von Parzellen ohne Buchenaufschlag (Kahlhieb), andere wiederum mit z.T. hohen Pflanzenzahlen, nämlich bis zu 94.000 Individuen pro Hektar. Die höchsten Dichtewerte hatten in der Regel die voll bestockten Kontrollparzellen. Auf die sich dann dort ergebenden hohen Klumpungsgrade sei hingewiesen.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Keimjahrgang 1978		
			Pflanzen- zahl St./m ²	Klumpungs- index K	Standard- fehler %
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	5,6	9,6	23
	schw.Schirmh.	1.1	0,2	2,3	60
	st.Schirmh.	1.2	0	—	—
	Kahlhieb	1.3	0	—	—
	Kontrolle	2.0	0,1	0,9	47
	schw.Schirmh.	2.1	0,0	—	—
	st.Schirmh.	2.2	0,2	1,4	45
	Kahlhieb	2.3	0	—	—
	Kontrolle	3.0	0	—	—
	st.Schirmh.	3.2	0,0	—	—
800 m NW	Kontrolle	4.0	2,5	9,2	33
1200 m NW	st.Schirmh.	4.2	1,0	3,4	33
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	1,5	3,2	26
	st.Schirmh.	5.2	0,2	1,4	44
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	9,4	28,4	31
	st.Schirmh.	6.2	2,1	4,6	26

Tab. 43: Mittlere Dichten, Standardfehlerprozent und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden einjährigen Buchen auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen.

Abb. 36 soll einen Eindruck von den starken Dichteschwankungen junger Buchen auf verschiedenen überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfäche vermitteln. Zuerst einmal sei an die unterschiedliche Ausgangslage erinnert - die Parzelle 1.0 hatte im Gegensatz zu den Schirmhiebparzellen verhältnismäßig viel Buchenaufschlag. Unmittelbar nach Schneeabgang keimten dort bereits 4 Buchenkeimlinge/m². Die Pflanzendichte stieg trotz der schon erwähnt hohen Fraßverluste (s.Kap. 3.233.23) rasch auf über 9 Buchenkeimlinge/m². Ab Mitte Mai nahm die Dichte - anfangs schnell, ab August dann langsamer - auf knapp 6 Buchen/m² ab.

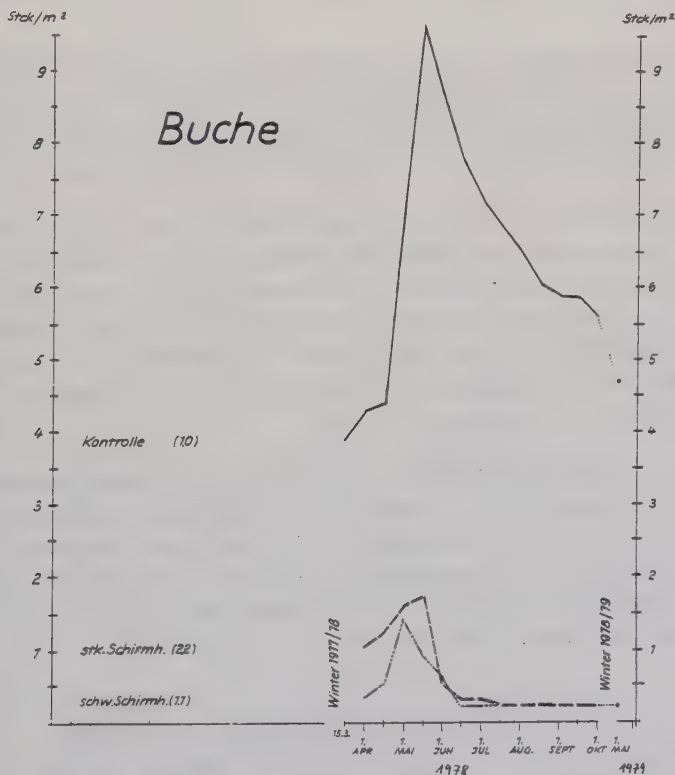


Abb. 36: Entwicklung der Pflanzendichten auf der Hauptversuchsfäche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Buche.
(Punktierte Linie: wegen Schneelage keine Aufnahmeergebnisse.)

Auf den Schirmhiebparzellen verlief die Entwicklung der Pflanzendichten zwar ähnlich, insgesamt jedoch gedämpfter. Maximal wurden zwischen ein und zwei Keimlinge/m² registriert. Unter stark aufgelockertem Schirm sank die Dichte rasch, um bereits ab Mitte Juni mit 0,2 Verjüngungspflanzen je m² unverändert zu bleiben.

3.234.4 Ahorn

Ahornverjüngung kam auf allen Flächen vor und konnte sich mit Ausnahme der 800-m-Fläche auch überall behaupten (Tab. 44). Ähnlich der Fichte, stammten die im Herbst 1978 überlebenden Pflanzen aus den Keimjahren 1977 und 1978, wobei der Anteil der zweijährigen Ahornpflanzen meist gering blieb.

In diesem Zusammenhang ist noch anzumerken, daß auf der Hauptversuchsfäche und der Nordfläche, insbesondere auf der Parzelle 5.2, in den Ahorndichten auch ein geringer Eschenanteil enthalten ist. Es wurde auf eine gesonderte Darstellung der Eschen verzichtet, da sich ihr Vorkommen auf die genannten Flächen beschränkte und sich ein prozentual darstellbarer Anteil nur bei wenigen Parzellen ergeben hätte.

Die Verjüngungsdichten aus ein- und zweijährigen Ahornindividuen schwankte auf den einzelnen Parzellen zwischen 0 und knapp 12 Pflanzen pro Quadratmeter. Die höchste Dichte wies dabei die starke Schirmhiebparzelle auf der Nordfläche auf, gefolgt von der Kontrollparzelle 6.0 auf der Südfläche mit über 8 Pflanzen je Quadratmeter. Erstaunlich groß war die Pflanzendichte mit nahezu 6 Ahornpflanzen je Quadratmeter auf der Kahlhiebparzelle 2.3.

Abb. 37 sind die Veränderungen der jeweiligen Pflanzendichten auf unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfäche im Verlauf von zwei Jahren zu entnehmen. 1977 sind kaum Änderungen eingetreten, während 1978 die Verhältnisse - ähnlich wie bei den Buchen - durch rasche Zu- bzw. Abnahmen der Pflanzendichte in der ersten Hälfte der Vegetationszeit gekennzeichnet sind (Abb. 37).

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parzelle Nr.	Keimjahrgang 1977				Keimjahrgang 1978				Summe Pflanzen- zahl St./m ²
			Pflanzen- zahl St./m ²	K index	Standard- fehler %		Pflanzen- zahl St./m ²	K index	Standard- fehler %		
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,1	1,0	70		3,2	3,3	18		3,3
	schw.Schirmh.	1.1	0,1	1,0	56		1,0	1,9	24		1,1
	st.Schirmh.	1.2	0,5	2,3	39		0,8	1,1	20		1,3
	Kahlhieb	1.3	0,2	1,4	45		0,3	2,1	51		0,5
	Kontrolle	2.0	0,1	0,9	47		0,1	1,0	56		0,2
	schw.Schirmh.	2.1	0,6	0,9	22		1,8	5,6	32		2,4
	st.Schirmh.	2.2	0,2	0,9	37		3,0	2,1	15		3,2
	Kahlhieb	2.3	0,6	1,3	26		5,0	2,1	11		5,6
800 m NW	Kontrolle	3.0	0	0	0		0	0	0		0
	st.Schirmh.	3.2	0	0	0		0,0	1,0	100		0,0
1200 m NW	Kontrolle	4.0	0,1	1,0	70		0,5	0,9	23		0,6
	st.Schirmh.	4.2	0,0	1,1	100		1,1	1,2	18		1,1
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,1	1,0	70		0,9	1,3	21		1,0
	st.Schirmh.	5.2	1,9	1,2	14		9,9	6,1	14		11,8
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,1	0,9	56		8,3	2,0	9		8,4
	st.Schirmh.	6.2	0	0	0		4,1	1,9	12		4,1

Tab. 44: Mittlere Dichten, Standardfehlerprozent und Klumpungsindizes der im Herbst 1978 noch lebenden ein- und zweijährigen Ahorne auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen.

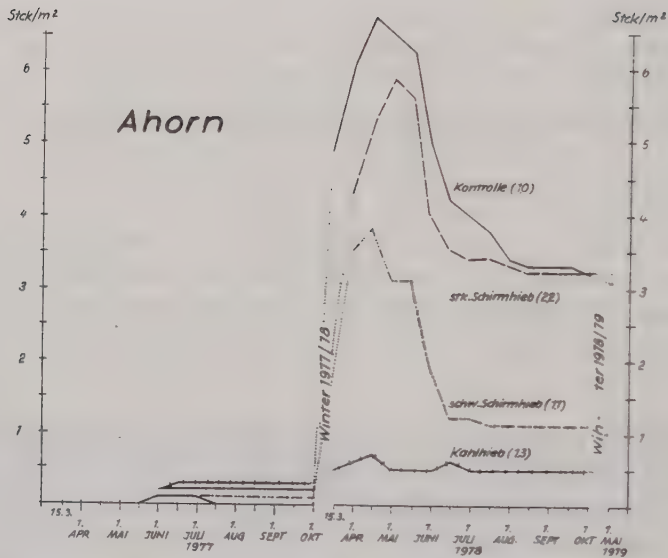


Abb. 37: Entwicklung der Pflanzendichte auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Beschirmung; Baumart Ahorn.
(Punktierte Linie: wegen Schneelage keine Aufnahmeergebnisse.)

3.234.5 Wirkung der Bodenbearbeitung

Im Herbst 1978 fanden sich - von wenigen Ausnahmen abgesehen (z.B. Nordfläche) - auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen mehr junge Fichtenpflanzen als auf den unbearbeiteten. Tab. 45 zufolge bietet sich dagegen für die Pflanzendichten der Tannen, Buchen und Ahorne ein wesentlich weniger eindeutiges Bild: ihre Dichtewerte sind häufig gleich oder nur wenig unterschiedlich. Bildet man die Summe sämtlicher Verjüngungspflanzen, ohne Rücksicht auf die Baumart, so weisen die bearbeiteten Teilparzellen meist mehr Pflanzen auf als die unbearbeiteten.

Mit Hilfe des parameterfreien Mediantests wurden die Pflanzendichten auf den Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung auf signifikante Unterschiede hin überprüft. Dabei ergaben sich nur für Fichte, und da auch nur auf drei Parzellen, gesicherte Unterschiede: für zwei-jährige Fichten die schwache Schirmhiebparzelle 1.1 auf dem Haupt-

Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Fichte (1977)		Fichte (1978)		Tanne (1977)		Buche (1978)		Ahorn (1978)		Summe Individ. 1977/78 mit ohne Bearb. Bearb. St./m ² St./m ²		
		mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	mit Bearb. St./m ²	ohne Bearb. St./m ²	
Haupt- versuchs- fläche 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,8	0,5	1,4	1,0	1,4	1,0	2,7	5,6	8,8	3,2	15,5	11,5
	schw.Schirmh.	1.1	5,8	2,3	4,4	2,5	0,9	1,0	0,1	0,2	1,7	1,0	13,2	7,1
	st.Schirmh.	1.2	3,6	1,4	1,6	1,3	3,3	2,2	0,1	0	0,4	0,8	10,0	6,2
	Kahlhieb	1.3	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0	0	0,5	0,3	1,5	0,8
800 m NW	Kontrolle	2.0	0,2	0,1	0,7	0	0,1	0,1	1,0	0,1	0	0,1	2,2	0,5
	schw.Schirmh.	2.1	2,8	2,3	4,4	3,2	0,7	0,3	0	0	2,7	1,8	11,2	8,1
	st.Schirmh.	2.2	1,7	1,0	3,7	2,3	1,7	2,2	0,3	0,2	3,0	3,0	10,8	9,9
	Kahlhieb	2.3	0,2	0,2	0,6	0,4	0,1	0,1	0	0	4,0	5,0	5,8	6,2
200 m NW	Kontrolle	3.0	0,7	0,1	0,7	0,1	0,4	0	0	0	0	0	1,8	0,3
	st.Schirmh.	3.2	5,6	1,8	4,1	2,5	0,6	0,4	0	0	0	0	10,3	4,7
	Kontrolle	4.0	1,2	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4	3,3	2,5	0,7	0,5	6,3	4,0
	st.Schirmh.	4.2	1,4	0,6	2,2	1,3	0,4	0,3	1,1	1,0	2,0	1,1	7,3	4,3
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,1	0,1	1,0	1,5	0,8	0,9	2,7	3,4
	st.Schirmh.	5.2	2,2	1,3	4,7	6,0	0,1	0,2	0,1	0,2	5,0	9,9	15,2	19,6
	Kontrolle	6.0	0,4	0,1	0,8	0,6	1,9	1,3	17,6	9,4	8,2	8,3	29,2	20,0
	st.Schirmh.	6.2	0,5	0,2	2,3	1,7	0,8	0,4	1,0	2,1	5,2	4,1	10,5	9,0

Tab. 45: Pflanzendichten im Herbst 1978 auf den gezäunten Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung.

(Der Wert "Summe Individuen 1977/78" kann um die Zahl der 1978 gekeimten, hier nicht aufgelisteten Tannen- sowie 1977 gekeimten Ahornpflanzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.)

versuch und die starke Schirmhiebparzelle 3.2 in 800 m ü.NN sowie für einjährige Fichten die starke Schirmhiebparzelle 4.2 in 1.200 m ü.NN. Darüber hinaus war für keine andere Parzelle sowie für keine der anderen Baumarten ein gesicherter Einfluß der Bodenbearbeitung nachweisbar, auch nicht für die Summe aller in den Jahren 1977 und 1978 gekeimten Verjüngungspflanzen. Die einzelnen Ergebnisse des Mediantests sind im Anhang IV zusammengestellt.

Faßt man diese Befunde nun zusammen, so läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß mit einer Bodenverwundung vor dem Laubabfall, insgesamt gesehen, die Naturverjüngung im Bergmischwald - insbesondere das Ankommen der Mischbaumarten Tannen, Buche und Ahorn - nicht gefördert werden kann. Lediglich die Pflanzendichte der jungen Fichten kann mit Hilfe der Bodenbearbeitung erhöht werden.

3.234.6 Einfluß des Zaunschutzes

Die Pflanzendichten auf den unbearbeiteten Teilparzellen mit und ohne Zaunschutz im Herbst 1978 sind in Tab. 46 aufgeführt. Aus einem Vergleich ergibt sich ein wenig einheitliches Bild. In der Regel waren mehr zweijährige Fichten innerhalb des Zaunes zu zählen als außerhalb, einjährige waren mal innerhalb, mal außerhalb häufiger. Die Dichtewerte an zweijährigen Tannenpflanzen unterschieden sich oft nicht bzw. nur geringfügig voneinander. Junge Buchen waren auf den Nordwest exponierten Kontrollparzellen 1.0, 4.0, 5.0 sichtlich häufiger im Zaun, auf der Südfläche verhielt es sich dagegen umgekehrt. Die Dichte der einjährigen Ahornpflanzen war - ähnlich der der einjährigen Fichte - mal im Zaun, mal außerhalb höher. Betrachtet man schließlich die Summe aller Verjüngungspflanzen je Teilparzelle, so ergibt sich kein wesentlich anderes Bild. Nur auf wenigen Parzellen unterscheiden sich die Verjüngungsdichten so deutlich wie z.B. auf den Parzellen 1.0, 5.0 und 5.2.

Beim paarweisen Vergleich sämtlicher Teilparzellen durch den Median-test ergab sich in keinem Fall ein gesicherter Unterschied zwischen den Teilparzellen mit und ohne Zaunschutz. Man kann somit davon ausgehen, daß sich in diesem Stadium der Entwicklung der Naturverjüngung noch kein Einfluß des Schalenwildes bzw. des Weideviehs bemerkbar gemacht hat.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Fichte (1977)		Fichte (1978)		Tanne (1977)		Buche (1978)		Ahorn (1978)		Summe Individ. 1977/78 mit ohne Zaun Zaun St./m ² St./m ²
			mit Zaun St./m ²	ohne Zaun St./m ²	mit Zaun St./m ²	ohne Zaun St./m ²	mit Zaun St./m ²	ohne Zaun St./m ²	mit Zaun St./m ²	ohne Zaun St./m ²	mit Zaun St./m ²	ohne Zaun St./m ²	
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,5	0,1	1,0	0,5	1,0	0,8	5,6	1,5	3,2	4,1	11,5 7,3
	schw.Schirmh.	1.1	2,3	2,2	2,5	2,9	1,0	1,5	0,2	0,1	1,0	1,4	7,1 8,9
	st.Schirmh.	1.2	1,4	0,9	1,3	1,0	2,2	2,4	0	0,1	0,8	0,8	6,2 5,7
	Kahlhieb	1.3	0,1	0,0	0,2	0,4	0,1	0,1	0	0	0,3	0,1	0,8 0,9
	Kontrolle	2.0	0,1	0,0	0	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5 0,7
800 m NW	schw.Schirmh.	2.1	2,3	1,2	3,2	3,0	0,3	0,7	0	0,4	1,8	0,5	8,1 6,1
	st.Schirmh.	2.2	1,0	0,5	2,3	2,2	2,2	1,3	0,2	0,3	3,0	5,0	9,9 9,8
	Kahlhieb	2.3	0,2	0,1	0,4	0,7	0,1	0,1	0	0	4,6	5,0	6,2 5,7
	Kontrolle	3.0	0,1	0,1	0,1	0,3	0	0,2	0	0	0	0	0,3 0,6
	st.Schirmh.	3.2	1,8	2,4	2,5	2,0	0,4	0,7	0	0	0	0,1	4,7 5,2
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	0,2	-	0,3	-	0,4	-	2,5	-	0,5	-	4,0 -
	st.Schirmh.	4.2	0,6	1,0	1,3	1,1	0,3	0,1	1,0	1,9	1,1	1,3	4,3 5,7
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,3	0,0	0,5	0,1	0,1	0,1	1,5	0,1	0,9	0,7	3,4 1,1
	st.Schirmh.	5.2	1,3	1,1	6,0	3,9	0,2	0,2	0,2	0,4	9,9	5,5	19,6 12,1
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,1	0,1	0,6	0,3	1,3	1,1	9,4	11,3	8,3	12,2	20,0 25,2
	st.Schirmh.	6.2	0,2	0,1	1,7	1,0	0,4	0,4	2,1	3,8	2,0	4,1	9,0 7,8

- = kein Wert, da Variante fehlt

Tab. 46: Pflanzendichten im Herbst 1978 auf den unbearbeiteten Teilparzellen mit und

ohne Zaunschutz.

(Der Wert "Summe Individuen 1977/78" kann um die Zahl der 1978 gekeimten Tannen- und 1977 gekeimten Ahornpflanzen von der Summe der hier aufgeführten Einzelwerte abweichen.)

3.235 Vergleich der Baumartenanteile in der Verjüngung und im Altbestand

Für die Beurteilung einer Verjüngung ist neben der Dichte der Mischungsanteil der einzelnen Baumarten in der Verjüngung und dazu auch der Baumartenanteil im Altbestand von Interesse. In Tab. 47 wurden die Anteile der Baumarten Fichte (Lärche), Tanne, Buche und Ahorn (sonst. Laubholz) für den Altbestand (Grundfläche) sowie für die Verjüngung (Pflanzendichte auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen) aufgelistet.

Zunächst geht daraus die außergewöhnliche Verjüngungsfreudigkeit des Ahorn hervor; gemessen an seinem Anteil im Altbestand ist er in der Verjüngung auf nahezu allen Parzellen überrepräsentiert. Nach zwei Vegetationsperioden stellte er bis zu 90 % aller Verjüngungspflanzen. Die Anteile von Fichte, Tanne und Buche in der Verjüngung hingegen waren im Vergleich zu ihrem Anteil im Altbestand manchmal größer, manchmal kleiner.

Die Fläche in 800 m ü.NN fällt insofern aus dem Rahmen, als hier auf der starken Schirmhiebparzelle trotz eines Buchen- und Ahornanteils von 8 bis 15 % im Altbestand und eines, wenn auch geringen, Samenangebots kein Laubholz mehr an der Verjüngung beteiligt ist. Die Ursache hierfür dürfte in der seinerzeit hohen Mäusedichte zu suchen sein und darin, daß die Mäuse dort frühzeitig die ohnehin wenigen Laubholzfrüchte sowie alle -keimlinge vernichtet haben.

Vergleicht man des weiteren die Anteile der einzelnen Baumarten in der Verjüngung untereinander, so fällt auf, daß der Anteil der Fichte mit zunehmender Beschirmungsdichte abnimmt. Dagegen ist der Buchenanteil (Ahorn) auf den Kontrollparzellen stets höher als auf den lichter gestellten Schirmhiebparzellen. Die Varianzanalyse ergab dementsprechend auch für alle Baumarten - mit Ausnahme der Tanne - einen gesicherten Einfluß der Beschirmung auf den jeweils eigenen Baumartenanteil in der Verjüngung (Tab. 48). Diesbezüglich keinen Einfluß zeigte dagegen die Bodenbearbeitung; auch eine Wechselwirkung mit der Beschirmung wurde nicht sichtbar.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Par- zelle Nr.	Altbestand						Verjüngung						Summe der Verjüngungs- pflanzen St/ha in Tsd.
			Fi	Ta	Bu	Ah	%	%	Fi	Ta	Bu	Ah	%	%	
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	38	32	19	11			13	9	49	29			114
	Kontrolle	2.0	43	16	40	1			20	20	20	40			5
	schw.Schirmh.	1.1	44	34	14	8			68	14	3	15			79
	schw.Schirmh.	2.1	49	30	15	6			67	4	0	29			81
	st.Schirmh.	1.2	32	35	23	10			44	35	0	21			63
	st.Schirmh.	2.2	13	67	15	5			34	32	2	32			99
	Kahlhieb	1.3	-	-	-	-			25	13	0	62			9
	Kahlhieb	2.3	-	-	-	-			8	3	0	89			62
800 m NW	Kontrolle	3.0	81	11	8	-			100	0	0	0			3
	st.Schirmh.	3.2	55	30	11	4			91	9	0	0			47
1200 m NW	Kontrolle	4.0	52	15	32	1			12	12	61	15			40
	st.Schirmh.	4.2	62	20	16	2			44	7	22	25			43
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	80	6	14	-			21	3	46	30			33
	st.Schirmh.	5.2	68	11	13	8			38	1	1	60			195
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	22	31	35	12			4	7	47	42			200
	st.Schirmh.	6.2	43	33	17	7			21	10	23	46			90

Tab. 47: Anteil der Baumarten Fichte (Lärche), Tanne, Buche und Ahorn (sonst. Lbh.) im Altbestand (Grundfläche) und in der Verjüngung (Pflanzendichte Individuen 1977+78) im Herbst 1978 auf den unbearbeiteten und gezäunten Teilparzellen.

gepr. Faktor \ Baumart	Fichte	Tanne	Buche	Ahorn
Beschirmung (A)	*	n.sig.	***	**
Bodenbearbeitung (B)	n.sig.	n.sig.	n.sig.	n.sig.
Wechselwirkung (AxB)	n.sig.	n.sig.	n.sig.	n.sig.

Tab. 48: Ergebnisse der Varianzanalysen: Baumartenanteil in der Verjüngung im Herbst 1978.

(Signifikanzen: * $\alpha = 0,05$; ** $p = 0,01$; *** $p = 0,001$)

3.236 Verteilung und Flächendeckung der Verjüngungspflanzen

Die Verteilung der jungen Pflanzen auf der Fläche ist neben der Pflanzendichte und dem Mischungsanteil ein weiteres wesentliches Beurteilungskriterium für eine Verjüngung. Darüber konnten die Verteilung von Probekreisen mit gleicher Pflanzenzahl auf Klassen und der Klumpungsgrad (K) eine Vorstellung vermitteln.

3.236.1 Einteilung der Probekreise in Dichteklassen

Tab. 49 kann die Einteilung der Probekreise (ohne Bodenbearbeitung und im Zaunschut) in Dichteklassen entnommen werden, wobei die Befunde für die Kontrollparzellen denen der starken Schirmhiebparzellen nach Baumarten getrennt gegenübergestellt sind.

Wie schon bei den Pflanzenprozenten, den Ausfallquoten und der Pflanzendichte bestätigt sich auch hier, daß die Verjüngungspflanzen der Fichte auf dichten Schirm ausgesprochen negativ reagieren. So lag die Anzahl der Probekreise ohne Fichtenverjüngung (Nullbesetzung) auf den Kontrollparzellen bei 57 %, auf den Parzellen mit lockerer Überschirmung ging dieser Wert auf 13 % zurück. Dort wiederum konnten auf jedem sechsten Probekreis mehr als 7 junge Fichten gezählt werden.

Anzahl Pflanzen je Probekreis St./m^2	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn		Summe Baumarten	
	Kon- trolle %	starker Schirmh. %	Kon- trolle %	starker Schirmh. %	Kon- trolle %	starker Schirmh. %	Kon- trolle %	starker Schirmh. %	Kon- trolle %	starker Schirmh. %
0	57	13	55	40	49	70	29	8	14	1
1 - 2	34	27	31	34	19	20	24	21	22	3
3 - 4	7	28	10	17	8	5	11	20	12	4
5 - 6	2	15	3	6	8	2	9	19	9	12
7 - 8	0	7	1	2	2	2	5	11	4	14
9 - 10	0	5	0	1	3	0	4	6	5	14
>10	0	5	0	0	11	1	18	15	34	52
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 49: Einteilung der Probekreise in Dichteklassen (St./m^2).

Jahrgänge 1977 und 1978, zugrundegelegt wurden jeweils die unbearbeiteten Probekreise innerhalb und außerhalb des Zaunes (jeweils 384 Kreise).

Wenig unterschiedlich verteilen sich dagegen die Verjüngungspflanzen der Tanne unter beiden Beschirmungsvarianten - aufgelockerter Schirm begünstigte allenfalls geringfügig. Auf Probekreisen mit Verjüngung waren meistens nur 1 oder 2, selten über 6 Individuen zu zählen.

Mit der Buche verhielt es sich anders: unter lichtem Schirm blieben mehr als zwei Drittel aller Probekreise unbesetzt, unter dichtem Schirm dagegen nur knapp die Hälfte. Auf den Kontrollparzellen wies außerdem jeder 5. Probekreis mehr als 5 junge Buchen auf. Bei diesem Befund ist jedoch zu berücksichtigen, daß gerade das Ankommen der jungen Buchen sowohl von der Zahl der Bucheckern als auch von der Dichte der Mäusepopulation und deren Fraßschäden abhing.

Knapp ein Drittel aller dicht überschirmten Probekreise blieb ohne Ahornpflanzen. Auf den starken Schirmhiebparzellen fehlte der Ahorn dagegen nur auf 8 %. Auffallend sind die hohen Pflanzenzahlen je Probekreis.

Legt man die Zahl der Verjüngungspflanzen je Probekreis zugrunde, ohne nach Baumarten zu unterscheiden (Summe aller Baumarten), so bot sich die Verjüngungssituation im Herbst 1978 folgendermaßen dar: Auf den Schirmhiebparzellen hatten 99 % aller Probekreise mindestens eine Verjüngungspflanze aufzuweisen, dagegen blieben 14 % der Probekreise auf den Kontrollparzellen unbesetzt. Auch die z.T. hohen Pflanzenzahlen je Probekreis sprechen ganz allgemein für günstige Verjün-

gungsverhältnisse unter aufgelockertem Schirm. Es kamen dort auf über der Hälfte aller Probekreise mehr als 10 Individuen an.

3.236.2 Verteilung der Klumpungsgrade

Ließen sich aus der Tab. 49 schon Hinweise auf die Verteilung der Verjüngung herauslesen, so vermag der Klumpungsgrad als rechnerische Größe ebenfalls eine gewisse Vorstellung von der Verteilung der Verjüngungspflanzen auf der Fläche (vgl. Kap. 3.234) zu geben. Die folgende Tab. 50 zeigt anteilig die Klumpungsgrade aller Teilparzellen, klassenweise nach Baumarten zusammengestellt.

Baumart	Anzahl Teil- par- zellen St	K l u m p u n g s g r a d						
		0-0,9	0,9-1,1	1,2-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	>5
		%	%	%	%	%	%	%
Fichte	47	2	18	60	9	9	2	-
Tanne	47	2	38	45	9	4	-	2
Buche	41	-	27	32	12	12	5	12
Ahorn	47	2	17	40	15	13	9	4
Summe	47	-	2	34	19	17	13	15

Tab. 50: Verteilung der für die Teilparzellen ermittelten Klumpungsgrade im Herbst 1978 (Gesamtversuch) auf Klassen von Klumpungsgraden für die Baumarten Fichte, Tanne, Buche, Ahorn und deren Summe.

Werte um 1,0 (0,9 - 1,1) deuten auf zufällige Verteilung hin. Ist der Klumpungsgrad kleiner als 0,9, so liegt eine systematische Verteilung vor. Bei Werten über 1,2 steigt die Klumpung, d.h. die Häufung von Verjüngungspflanzen auf kleinem Raum (COX, 1971).

Obiger Tabelle ist zu entnehmen, daß die Naturverjüngungspflanzen keiner Baumart systematisch verteilt waren, sondern mehr oder weniger geklumpt vorkamen. Überwiegend als leicht geklumpt erwiesen sich die Fichtenindividuen. Einzig bei der Tanne war sichtlich häufiger eine zufällige Verteilung festzustellen. Ahorn und insbesondere Buchen waren in mehreren Fällen stark geklumpt ($K > 5$).

3.235.3 Vergleich der empirischen mit theoretischen Verteilungen

In Anbetracht dieses Befundes und im Hinblick darauf, welches statistische Prüfverfahren in der Folge für die beabsichtigten Fragestellungen Verwendung finden konnte, lag es nahe, die empirischen Pflanzenverteilungen theoretischen gegenüberzustellen. Dabei wurde durch Anpassungstest überprüft, inwieweit die beobachtete Verteilung von Fichten-, Tannen-, Buchen-, Ahorn- und die Summe aller Verjüngungspflanzen auf den Teilparzellen im Herbst 1977 und 1978 einer Normal-, einer Poisson- oder einer negativen Binomialverteilung folgten. Diese drei Verteilungen wurden gewählt, weil sich gezeigt hat, daß biologische Populationen besonders häufig in einer dieser Verteilungsformen vorkommen.

Aus der Tab. 51 ergibt sich, daß die tatsächlichen Verteilungen durch keinen der geprüften theoretischen Verteilungstypen eindeutig und ausschließlich erklärt werden konnten, und zwar weder hinsichtlich der jeweiligen Baumarten sowie der einzelnen Pflanzenjahrgänge, die ebenfalls geprüft wurden, noch hinsichtlich der Summe aller Verjüngungspflanzen.

Die Normalverteilung konnte 61 % der Ahorn- und 66 % der Verteilungen der Summe aller Baumarten erklären. Dagegen folgten 78 % der geprüften Fälle bei der Tanne der Poissonverteilung, was im übrigen auch durch den relativ hohen Anteil von Klumpungsgraden in der Klasse 0,9 - 1,1 (s. Tab. 50) bestätigt wird.

Nahezu in allen den Fällen, in denen die Voraussetzungen für einen Anpassungstest auch mit der negativen Binomialverteilung erfüllt waren, konnte diese die empirische Verteilung erklären. Das bedeutet, daß die tatsächlichen Verteilungen der jungen Fichten-, Tannen-, Buchen- oder Ahornpflanzen sowie deren Summe auch als negative Binomialverteilungen angesehen werden können.

theoretische Verteilungs- art	Erklärung der empirischen Verteilung im Herbst 1978 für:									
	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn		Summe BA	
	%		%		%		%		%	
Normalvert.	(30)	43	(19)	42	(16)	0	(33)	61	(47)	66
Poisson	(40)	58	(27)	78	(17)	12	(40)	50	(47)	44
neg.binomial	(27)	96	(24)	92	(5)	100	(18)	100	(19)	100

Tab. 51: Vergleich der empirischen Verteilungen von Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 mit drei theoretischen Verteilungen.

Werte in Klammer: Zahl der geprüften Verteilungen, wobei Unterschiede auf die für die jeweilige theoretische Verteilung spezifischen Prüfbedingungen bzw. Freiheitsgrade zurückzuführen sind. Im übrigen waren nicht alle Baumarten auf jeder der insgesamt 47 Teilparzellen vertreten.

3.237 Das Wachstum der ein- und zweijährigen Verjüngungspflanzen

Im Herbst jeden Jahres wurden im Verlauf der "periodischen Aufnahmen" die Wachstumsparameter Sproßlänge und Zuwachs an unbeschädigten ein- und zweijährigen Individuen gemessen. Die Befunde erlaubten eine eingehende statistische Analyse und Interpretation. Zuvor wird auf die Dauer der Vegetationszeit eingegangen und dargestellt, in welchem Entwicklungszustand die Verjüngungspflanzen am Ende ihrer ersten Vegetationszeit angetroffen wurden.

3.237.1 Beobachtungen zum Austriebsverhalten und zum Blattfall an Altbestand und Naturverjüngung

Die Dauer der Vegetationszeit ist sicherlich ein entscheidender Faktor für das Wachstum der Pflanzen. Da sie sich jedoch nur mit Hilfe aufwendiger Techniken unmittelbar bestimmen läßt, müssen anstelle dessen Weisergrößen herangezogen werden. Als solche wurde das Austreiben der Pflanzen im Frühjahr als erstes sichtbares Zeichen für den Beginn der Vegetationszeit genommen. Das Ende der Vegetationszeit wird oft (KREEB, 1977) anhand der Herbstfärbung geschätzt. Im vorliegenden Fall stand jedoch in der jährlichen Beobachtung des Blattfalles von den Althölzern eine quantitativ genau ermittelte Schätzgröße zur Verfügung (s. Kap. 3.231, VELTSISTAS, 1980), von der hier ausgegangen wird.

3.237.11 Altbestand

Das Austriebsverhalten des Altbestands wurde in den Jahren 1977, 1978 und 1979 beobachtet und dabei insbesondere die Schwellung der Knospen sowie das Entfalten der Buchenblätter verfolgt. Der Tab. 52 kann der Tag entnommen werden, an dem ca. 10 % der hauptständigen Buchen "das erste Grün" zeigten. Dieser Zeitpunkt wird als Beginn der Vegetationszeit angesehen (METEOROLOGISCHES INSTITUT d. BAYER. FORSTL. FORSCHUNGSANSTALT, München, 1960).

In den drei Beobachtungsjahren begann danach die Vegetationszeit für die Buche auf der Hauptversuchsfläche um den 7. Mai, auf der 1.200 m ü.NN gelegenen Nebenversuchsfläche 12 Tage später.

Jahr \ Versuchs- fläche	Haupt- versuch 900 m NW	Nebenversuch			
		800 m NW	1200 m NW	Nord 900 m	Süd 900 m
1977	3.5.	3.5.	18.5.	8.5.	8.5.
1978	8.5.	4.5.	20.5.	12.5.	14.5.
1979	11.5.	10.5.	20.5.	11.5.	14.5.

Tab. 52: Austriebszeitpunkte hauptständiger Buche in unterschiedlicher Höhenlage und Exposition.

Der Ahorn entfaltet seine Blätter - bei etwa gleicher Relation der Versuchsflächen untereinander - drei bis vier Tage vor der Buche. Fichte und Tanne trieben dagegen beide ungefähr ein bis zwei Wochen später aus.

Mit dem Beginn des verstärkten Blattfalls - etwa zwischen Mitte bis Ende September - endete die Vegetationszeit der Altbuchen und -ahorne 1977 und 1978, wobei die 1.200 m hoch gelegene Fläche sehr rasch schon Ende September völlig entlaubt war. Auf den übrigen Flächen lag erst Mitte Oktober mehr als 70 % des Laubes auf dem Boden (VELTSISTAS, 1980).

3.237.12 Verjüngung

Die Länge der Vegetationszeit zwei- und mehrjähriger Verjüngungspflanzen entsprach etwa der des Altbestandes; so auch die Verzögerung des Vegetationsbeginns auf der 1.200-m-Fläche. Ein deutlich späterer Laubausbruch des Altbestandes gegenüber dem Jungwuchs, wie ihn ELLENBERG, 1978, mitteilt, konnte nicht beobachtet werden. Unterschiedliche Beschirmung wirkte sich lediglich beim Ahorn dahingehend aus, daß die Individuen auf der Feifläche 2 - 3 Tage später austrieben als die Ahornpflanzen auf gleichem Standort unter dichtem Schirm und daß die Herbstfärbung auf der Freifläche erst ca. zwei bis drei Wochen später einsetzte. Der Blattfall war wiederum annähernd gleich.

Buchen- und Ahornkeimlinge entfalteten - beginnend Anfang April - mit Masse dann zwei bis drei Wochen vor dem Austrieb der Altbäume und der mehrjährigen Verjüngungspflanzen ihre Keimblätter. Der Blattfall verzögerte sich bei ihnen gegenüber den älteren Verjüngungspflanzen um bis zu zwei Wochen.

Insgesamt gesehen kann die Vegetationszeit für den Altbestand und die mehrjährigen Verjüngungspflanzen auf der Hauptversuchsfläche (900 m ü.NN) von Mitte Mai bis Mitte September, d.h. mit ca. 130 Tagen, und auf der 1.200 m ü.NN-Nebenversuchsfläche mit ca. 120 Tagen angenommen werden. Buchen- und Ahornkeimlinge hatten demgegenüber eine etwa 3 - 4 Wochen längere Vegetationszeit.

3.237.2 Entwicklungsstand einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst des Keimjahres

Im Herbst 1977 und 1978 wurde auf jedem Probekreis - sofern vorhanden - je Baumart jeweils die dem Augenschein nach vitalste, unbeschädigte einjährige Verjüngungspflanze daraufhin untersucht, ob und inwieweit sich am Ende der ersten Vegetationsperiode ihre Primär- bzw. an einem neuen Trieb weitere Blätter, hier "Sekundärblätter" genannt, entwickelt haben oder ob nur Keimblätter ausgebildet waren⁺⁾ .

⁺⁾ Im allgemeinen verlief die Primär-, Sekundärblattbildung in 900 m ü.NN wie folgt:

Beginn der Primärblattbildung bei

-Fichte: Ende Juni

-Tanne: Anfang bis Mitte Juli

-Buche: Ende Mai; Mitte Juli Abfall der Keimblätter

-Ahorn: Ende Mai (vereinzelte Anfang Mai); Ende Juni Abfall der Keimblätter

Beginn der Sekundärblattbildung: bei allen Baumarten ab Ende August/Anfang September

Die Einzelergebnisse für die Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung differierten so wenig, daß es für ausreichend und außerdem für anschaulicher erachtet wurde, die Ergebnisse für den gesamten Versuch nur nach Beschirmungsvarianten getrennt darzustellen (Tab.53).

Baumart	Behandlung des Altbestands	Zahl der beobacht. Keimlinge St	Entwicklungsstand der Keimlinge		
			Keimblatt %	Primärblatt %	Sekundärblatt %
Fichte	Kontrolle	248	17	66	17
	schw.Schirmh.	245	3	50	47
	st.Schirmh.	581	4	36	60
	Kahlhieb	67	3	19	78
Tanne	Kontrolle	122	33	61	6
	schw.Schirmh.	60	20	75	5
	st.Schirmh.	177	13	78	9
	Kahlhieb	6	17	0	83
Buche	Kontrolle	246	0	81	19
	schw.Schirmh.	21	0	67	33
	st.Schirmh.	139	0	80	20
	Kahlhieb	0	-	-	-
Ahorn	Kontrolle	272	0	79	27
	schw.Schirmh.	125	0	60	40
	st.Schirmh.	418	1	66	33
	Kahlhieb	198	0	11	89

Tab. 53: Entwicklungsstand der jungen Fichten-, Tannen-, Buchen-, Ahornpflanzen (Individuen 1977 und 1978) im Herbst des Keimjahres - Gesamtversuch -.

Die Überschirmung beeinflusste die Entwicklung der Verjüngungspflanzen bereits in der ersten Vegetationsperiode. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Baumarten:

Zunächst fällt auf, daß Buchen- und Ahornpflanzen in ihrer ersten Vegetationsperiode nahezu immer schon Primär- bzw. Sekundärblätter gebildet haben. Dagegen hatten bis zu einem Drittel aller jungen Tannen noch im Oktober nur Keimblätter. Die Tanne bildete - sieht man von wenigen Individuen auf der Kahlfläche ab - überhaupt nur ausnahmsweise Sekundärnadeln aus.

Des weiteren ist Tab. 53 zu entnehmen, daß im Gegensatz zur Tanne die Entwicklung der jungen Ahorn- und Fichtenpflanzen stark vom Grad der Überschirmung abhing. Knapp 90 % aller Ahorn- und knapp 80 % aller Fichtenkeimlinge bildeten auf der Kahlfläche Sekundärblätter, auf den dicht überschirmten Kontrollparzellen dagegen waren es nur 27 % der Ahorne bzw. 17 % der Fichten. Buchen zeigten sich in dieser Hinsicht indifferenter. Sie bildeten unter dichtem wie unter stark aufgelockertem Schirm in gleichem Maße Sekundärblätter (20 %).

3.237.3 Sproßlängen einjähriger- und Höhenzuwachs zweijähriger Verjüngungspflanzen

Am Ende der Vegetationsperioden 1977 und 1978 wurde auf allen 1.504 Probekreisen die Sproßlänge - soweit vorhanden - jeweils der vitalsten, unbeschädigten einjährigen Verjüngungspflanze je Baumart gemessen. Im Herbst 1978 wurde in gleicher Weise auch der Höhenzuwachs der zweijährigen Pflanzen ermittelt. Die Messungen konnten nicht im Labor erfolgen, sondern mußten im Gelände vorgenommen werden, da für eine Entnahme von Probepflanzen zu wenig Individuen vorhanden waren bzw. die Entwicklung einer genügend großen Zahl markierter junger Pflanzen dann nicht hätte weiterverfolgt werden können.

Die Ergebnisse können den Tab. 54, 56, 58, 60 entnommen werden. Die Mittelwerte für die unbearbeiteten und bodenbearbeiteten Teilparzellen im Zaun auf den unterschiedlich überschirmten Parzellen der Hauptversuchsfläche wurden varianzanalytisch untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 55, 57, 59, 61 zusammengestellt.

3.237.31 Fichte

Der Tab. 54 ist zu entnehmen, daß die Sproßlänge junger Fichtenpflanzen am Ende des Keimjahres zwischen knapp 20 mm und 37 mm schwankte - häufig um 30 mm - wobei das Standardfehlerprozent meist unter 10 blieb. Es fällt auf, daß das Sproßlängenwachstum der einjährigen Fichtenpflanzen in beiden Jahren durch die Überschirmung offensichtlich beeinflußt wurde; die geringsten Sproßlängen zeigten sich -statistisch allerdings nicht gesichert - auf den Kahlhiebparzellen, die höchsten

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung					mit Bodenbearbeitung										
			Keimjahrgang 1977			Keimjahrgang 1978		Keimjahrgang 1977			Keimjahrgang 1978							
			Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	Zuwachs 1978	Zahl Beob.	Sproßlänge 1978	Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	Zuwachs 1978	Zahl Beob.	Sproßlänge 1978						
			St.	mm	SF %	St.	mm	SF %	St.	mm	SF %	St.	mm	SF %				
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	12	28,8	8,2	10,1	13,9	18	28,7	5,0	18	28,6	5,6	12,1	11,4	19	31,3	5,7
	schw.Schirmh.	1.1	27	28,6	3,3	16,0	6,5	27	27,5	3,9	30	28,1	4,2	19,6	5,3	30	28,4	3,5
	st.Schirmh.	1.2	24	24,8	7,3	17,2	7,3	12	28,9	5,1	28	28,3	5,2	24,9	8,0	21	24,4	4,1
	Kahlhieb	1.3	2	19,0	0,0	23,5	27,7	3	22,0	6,2	3	27,3	24,0	19,7	16,2	9	20,1	6,4
800 m NW	Kontrolle	2.0	3	32,5	4,6	6,0	83,3	0	-	-	5	30,0	7,7	10,2	19,0	12	30,5	5,3
	schw.Schirmh.	2.1	25	31,0	5,0	13,1	6,5	28	28,7	4,5	25	33,4	4,8	12,4	6,4	31	27,4	4,1
	st.Schirmh.	2.2	20	31,1	3,9	16,1	7,4	28	25,0	2,9	26	30,1	3,8	20,5	8,2	32	27,3	2,4
	Kahlhieb	2.3	5	22,0	17,3	15,0	11,4	10	27,7	4,8	6	29,4	3,8	23,0	22,9	11	27,2	4,7
1.200 m NW	Kontrolle	3.0	5	28,0	16,5	6,3	21,1	3	32,3	2,7	13	32,4	7,2	8,4	13,3	18	31,9	3,2
	st.Schirmh.	3.2	21	28,9	5,2	16,5	7,0	21	27,0	2,8	32	29,3	3,2	16,3	5,8	29	27,2	4,9
Nord 900 m	Kontrolle	4.0	6	30,2	1,9	9,8	14,2	7	27,7	11,1	19	27,1	4,0	11,2	8,1	10	26,7	8,6
	st.Schirmh.	4.2	12	27,6	6,1	12,1	14,3	18	25,3	4,3	21	23,5	5,7	13,3	7,2	29	26,8	4,4
Süd 900 m	Kontrolle	5.0	8	36,6	8,4	8,6	20,5	13	33,5	6,8	10	34,4	7,5	11,4	7,4	10	26,7	8,2
	st.Schirmh.	5.2	20	25,8	6,2	20,4	7,4	29	32,4	4,1	26	28,3	6,0	19,2	6,6	28	30,3	4,8
	Kontrolle	6.0	3	34,5	13,0	13,5	11,1	10	33,7	5,2	11	26,5	9,3	9,9	13,1	17	29,9	3,2
	st.Schirmh.	6.2	6	30,5	11,2	14,2	7,2	20	27,7	4,3	10	23,2	23,4	17,9	8,9	28	27,1	2,8

Tab. 54: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 und 1978 sowie mittlerer Zuwachs im Jahr 1978 zweijähriger Verjüngungspflanzen jeweils mit entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Fichte.

auf den dicht überschirmten Kontrollparzellen. Dieses als Etiolement (s.a. NATHER, 1961) bekannte Phänomen trat nicht nur hier bei der Fichte, sondern auch bei anderen Baumarten auf, wie noch zu zeigen sein wird.

Bodenbearbeitung hatte dagegen offensichtlich keinen Einfluß auf die mittleren Sproßlängen, ebensowenig ergab sich eine gesicherte Wechselwirkung mit der Beschirmung. Die mittleren Sproßlängen in 900 m ü.NN unterschieden sich kaum von denen in 1.200 m ü.NN.

Anders liegen die Verhältnisse beim Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode: Einmal streuten die Einzelergebnisse auf den Teilparzellen deutlich mehr, wie den Standardfehlerprozenten zu entnehmen ist. Dann reagierten die jungen Pflanzen auf Standortsunterschiede in ihrem Zuwachs sichtlich stärker als mit der Sproßlänge am Ende der ersten Vegetationsperiode. Als signifikant wirksamer Faktor erwies sich dabei die Überschirmung; mit zunehmender Lichtstellung erhöhte sich auch deutlich der Zuwachs der zweijährigen Fichtenpflanzen. Dagegen blieb die Bodenbearbeitung auch jetzt ohne Einfluß auf den Höhenzuwachs (Tab. 55).

Einflußfaktor \ Wachstums- parameter (Jahrgang)	Sproßlänge einjährig		Zuwachs zweijährig
	(1977)	(1978)	(1977)
Beschirmung (A)	n.sig.	n.sig.	*
Bodenbearbeitung (B)	n.sig.	n.sig.	n.sig.
Wechselwirkung (AxB)	n.sig.	n.sig.	n.sig.

Tab. 55: Ergebnis der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten Vegetationsperiode sowie Zuwachs in der zweiten Vegetationsperiode;
Baumart Fichte.

(Signifikanz: * $p = 0,05$)

3.237.32 Tanne

Die Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen der Tanne lagen auf den Teilparzellen im Mittel oft knapp über 40 mm. In den Extremen bewegten sie sich zwischen 33 mm und 52 mm (Tab. 56). Ähnlich den Fichten streuten auch hier die Einzelwerte auf den Teilparzellen nicht allzu stark, das Standardfehlerprozent lag meist unter 10. Die in der Versuchsanlage variierten Faktoren bzw. Standorte (Beschirmung, Bodenbearbeitung, Höhenlage) beeinflussten die Entwicklung der Sproßlängen offensichtlich nicht (Tab. 56); lediglich auf den Kahlflächen waren die mittleren Sproßlängen meist geringfügig höher als die auf den Parzellen mit Überschirmung.

In der zweiten Vegetationsperiode wirkte sich die Art der Behandlung des Altbestandes auf den mittleren Höhenzuwachs - die Einzelwerte auf den Teilflächen streuten z.T. merklich - zwar bereits sichtbar, jedoch noch nicht gesichert aus (Tab. 57). Unter dichtem Schirm lag der Längenzuwachs auf den Kontrollparzellen meist um 10 mm gegenüber oft mehr als 18 mm auf den Kahlflächen.

Bodenbearbeitung hatte keinen gerichteten Einfluß auf das Längenzuwachstum zweijähriger Tannen. Die Varianzanalyse erbrachte diesbezüglich auch keine gesicherten Unterschiede. Eine Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Beschirmung scheidet ebenfalls aus (Tab. 57).

Vergleicht man die Ergebnisse verschieden hoher Standorte, so scheinen die Verhältnisse für Tannen in 900 m ü.NN günstiger gewesen zu sein als in 800 bzw. 1.200 m ü.NN. Die Erklärung dafür mag gegenüber der 1.200-m-Fläche in der dort verkürzten Vegetationszeit liegen. Im Fall der 800-m-Fläche dagegen in anderen Standortfaktoren.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung				mit Bodenbearbeitung			
			Keimjahrgang 1977				Keimjahrgang 1977			
			Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	SF %	Zuwachs mm	Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	SF %	Zuwachs mm
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	18	38,1	6,2	10,2	22	42,6	4,4	10,3
	schw. Schirmh.	1.1	16	38,7	3,7	13,2	17	38,5	4,6	14,6
	st. Schirmh.	1.2	24	39,4	4,7	14,3	29	35,4	5,0	15,3
	Kahlhieb	1.3	4	35,8	13,6	19,8	1	52,0	-	7,0
800 m NW	Kontrolle	2.0	3	46,8	13,3	15,8	2	42,0	0,0	6,0
	schw. Schirmh.	2.1	8	41,4	6,1	8,5	18	46,2	5,8	10,7
	st. Schirmh.	2.2	23	48,3	4,1	14,6	21	48,5	4,8	17,3
	Kahlhieb	2.3	4	49,3	13,6	21,3	3	48,5	13,4	17,5
1.200 m NW	Kontrolle	3.0	5	49,7 ⁺	12,2 ⁺	7,3 ⁺	10	40,5	11,7	6,6
	st. Schirmh.	3.2	7	44,2	4,4	16,4	14	42,4	11,7	20,3
Nord 900 m	Kontrolle	4.0	10	39,6	4,9	10,9	11	45,6	5,0	9,6
	st. Schirmh.	4.2	7	43,7	8,1	8,8	11	39,8	9,6	13,7
Süd 900 m	Kontrolle	5.0	2	48,0	6,2	10,0	4	44,3	8,9	9,3
	st. Schirmh.	5.2	5	32,8	17,1	14,8	4	45,5	12,1	15,0
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	21	43,6	4,5	10,6	27	40,0	3,3	13,0
	st. Schirmh.	6.2	8	36,9	8,4	12,9	12	43,8	7,2	16,7

+ Wert für die Teilparzelle außer Zaun

Tab. 56: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen sowie deren Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode mit entsprechenden Standardfehlerprozenten (= SF %); Baumart Tanne.

Wachstums- parameter (Jahrgang) Einflußfaktor	Sproßlänge einjährig (1977)	Zuwachs zweijährig (1977)
Beschirmung (A)	n.sig.	n.sig.
Bodenbearbeitung (B)	n.sig.	n.sig.
Wechselwirkung (AxB)	n.sig.	n.sig.

Tab. 57: Ergebnis der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten sowie deren Zuwachs in der zweiten Vegetationsperiode; Baumart Tanne. (n.sig. = nicht signifikant)

3.237.33 Buche

Die mittleren Sproßlängen einjähriger Buchen bewegten sich knapp zwischen 60 und 100 mm. Innerhalb der Teilflächen streuten die Einzelwerte bemerkenswert gering; die Standardfehler lagen immer unter 20 %, öfters sogar unter 5 %. Unter dichtem Schirm waren die relativ höchsten Sproßlängen festzustellen (Tab. 58). Sproßlängen der einjährigen Buchen wiesen ebenfalls die bei der Fichte bereits angesprochene Erscheinung des Etiölements auf.

Meist waren die Mittelwerte auf den Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung geringfügig höher als auf denen ohne. Die Varianzanalyse zeigte keine Abhängigkeiten, weder von der Überschirmung, der Bodenbearbeitung, noch ergab sich eine Wechselwirkung zwischen beiden (Tab. 59).

Auch BURSCHEL, HUSS, KALBHENN (1964) stellten bei ihren Untersuchungen fest, daß das Höhenwachstum der Jungbuchen durch die von ihnen eingestellten verschiedenen Bodenbearbeitungen nicht beeinflusst wurde und die Auswirkungen verschieden dichter Beschattungen nur gering waren.

Gegenüber denen in 900 m ü.NN waren die Sproßlängen in 1.200 m ü.NN deutlich kleiner. Dies könnte z.B. daran liegen, daß die Nebenversuchsfläche in 1.200 m Höhe eine um etwa zwei Wochen kürzere Vegetationszeit hat.

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung			mit Bodenbearbeitung		
			Zahl Beob.	Sproßlänge 1978		Zahl Beob.	Sproßlänge 1978	
			St.	mm	SF %	St.	mm	SF %
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	22	80,1	4,6	22	91,6	4,0
	schw.Schirmh.	1.1	3	79,7	2,3	3	58,0	12,1
	st.Schirmh.	1.2	2	66,5 ⁺	17,3 ⁺	2	78,0	19,2
	Kahlhieb	1.3	0	-	-	0	-	-
	Kontrolle	2.0	4	76,8	7,2	11	75,2	8,3
	schw.Schirmh.	2.1	1	71,0	-	1	55,0	-
	st.Schirmh.	2.2	5	72,8	10,2	8	77,0	6,1
	Kahlhieb	2.3	0	-	-	0	-	-
800 m NW	Kontrolle	3.0	0	-	-	0	-	-
	st.Schirmh.	3.2	0	-	-	0	-	-
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	19	65,0	4,9	21	58,6	3,8
	st.Schirmh.	4.2	12	57,2	4,1	16	62,5	6,7
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	17	80,1	4,6	12	83,6	4,1
	st.Schirmh.	5.2	5	72,4	10,2	2	72,0	13,9
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	24	93,0	2,3	29	98,8	3,6
	st.Schirmh.	6.2	23	80,8	3,2	18	85,5	3,5

+ Wert für Teilparzelle außer Zaun

Tab. 58: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1978 mit dem entsprechenden Standardfehlerprozent (= SF %); Baumart Buche.

Wachstums- parameter (Jahrgang) Einflußfaktor	Sproßlänge einjährig (1978)
Beschirmung (A)	n.sig.
Bodenbearbeitung (B)	n.sig.
Wechselwirkung (AxB)	n.sig.

Tab. 59: Ergebnis der Varianzanalyse: Sproßlänge einjähriger
Verjüngungspflanzen; Baumart Buche.
(n.sig. = nicht signifikant)

3.237.34 Ahorn

Für eine Untersuchung der Wachstumsparameter Sproßlänge und Zuwachs junger Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1977 standen für mehrere Parzellen nicht ausreichend Beobachtungen zur Verfügung. Daher wurde bei diesem Jahrgang darauf verzichtet, die Ergebnisse für die Nebenversuchsflächen auszuwerten. Sie sind jedoch der Vollständigkeit halber in Tab. 60 angegeben.

Die Sproßlängen einjähriger Jungpflanzen streuten innerhalb der Teilparzellen relativ gering. Anders war es jedoch bei den Zuwachswerten, bei denen meistens die Standardfehlerprozentente entsprechend deutlich höher lagen. Vergleicht man Sproßlängenmittelwerte von Teilparzellen unterschiedlicher Überschirmungsverhältnisse, so entfielen 1977 wie 1978 jeweils die höchsten Werte auf die Kahlfläche und auf die dicht überschrmtten Kontrollparzellen. Die geringsten Sproßlängen ergaben sich für die Schirmhiebparzellen. Im Fall der Kontrollparzellen läßt sich dies erneut mit der Erscheinung des Etiololements erklären, im Fall der herausragenden Werte für die Freifläche mit den dort für die Ahornverjüngung günstigen Lichtverhältnissen (s. auch die Ausführungen auf S. 114 über die Vegetationszeit).

Bei RÖHRIG, 1967, der u.a. auch anhand der Sproßlänge das Wachstum junger Laubholzpflanzen in einer Beschattungsanlage bei abgestuften Lichtverhältnissen untersucht, streuten die Sproßlängen des Bergahorn im ersten Jahr innerhalb der Parzellen so stark, daß dadurch mögliche

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	ohne Bodenbearbeitung						mit Bodenbearbeitung									
			Keimjahrgang 1977			Keimjahrgang 1978			Keimjahrgang 1977			Keimjahrgang 1978						
			Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	Zuwachs 1978	Zahl Beob.	Sproßlänge 1978	SF %	Zahl Beob.	Sproßlänge 1977	Zuwachs 1978	Zahl Beob.	Sproßlänge 1978	SF %				
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	2	60,0	0,0	14,0	0,0	25	67,9	3,9	6	50,7	10,2	9,8	39,4	30	69,7	3,0
	schw.-Schirmh.	1.1	3	40,0	0,0	10,0	0,0	15	58,8	4,2	9	44,4	13,2	11,2	7,1	21	58,0	3,0
	st.-Schirmh.	1.2	7	41,7	14,0	25,0	20,2	18	46,2	6,5	19	47,9	7,3	13,4	13,9	7	59,0	5,9
	Kahlhieb	1.3	5	73,3	9,0	44,8	31,4	4	63,8	14,6	9	58,3	8,1	125,7	19,1	10	58,3	5,9
	Kontrolle	2.0	4	68,5	5,1	11,5	30,4	3	86,7	5,1	7	47,2	10,2	8,7	11,0	1	-	-
	schw.-Schirmh.	2.1	14	44,1	11,2	16,0	12,5	18	57,9	5,5	11	45,4	11,1	13,7	18,6	17	51,9	5,7
800 m NW	st.-Schirmh.	2.2	6	62,8	8,7	16,5	24,1	28	59,2	3,1	6	41,5	28,1	21,7	21,4	27	60,3	2,8
	Kahlhieb	2.3	12	60,8	12,6	48,6	33,4	30	64,8	4,3	16	66,0	10,4	140,7	20,0	29	70,7	2,9
	Kontrolle	3.0	0	-	-	-	-	0	-	-	1	72,0	-	4,0	-	0	-	-
	st.-Schirmh.	3.2	0	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-
	Kontrolle	4.0	2	72,0	0,0	23,0	0,0	13	50,6	6,5	3	45,3	10,2	17,0	26,5	14	56,6	6,7
	st.-Schirmh.	4.2	1	44,0	0,0	5,0	0,0	20	54,5	3,3	4	32,0	9,4	11,0	9,1	26	54,5	3,4
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	2	63,5	41,7	17,0	0,0	17	78,6	7,0	4	58,8	25,4	12,3	7,0	14	64,2	4,1
	st.-Schirmh.	5.2	26	54,6	3,3	18,3	11,8	32	69,4	2,7	28	56,5	7,2	21,1	21,1	28	60,7	4,0
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	3	47,3	7,8	12,3	9,7	31	72,7	2,3	2	56,5	20,4	21,5	39,5	31	75,3	3,2
	st.-Schirmh.	6.2	0	-	-	-	-	29	61,1	3,0	3	70,7	10,8	125,7	15,0	29	68,7	3,7

Tab. 60: Mittlere Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen im Herbst 1977 und 1978 sowie mittlerer Zuwachs im Jahr 1978 zweijähriger Verjüngungspflanzen mit dem entsprechenden Standardfehlerprozent (= SF %); Baumart Ahorn.

Differenzen einzelner Beschattungsvarianten überdeckt wurden. Im zweiten Jahr nahmen allerdings die Sproßlängen gesichert mit fortschreitender Reduktion der Belichtung ab.

Auch in der eigenen Untersuchung ist nun in der zweiten Vegetationsperiode der Einfluß der Beschirmung auf das Sproßlängenwachstum nachzuweisen. Die Zuwachswerte unterscheiden sich auf den Kahlflächen mit meist deutlich über 40 mm höchst signifikant von denen nur etwa halb so großen unter dichtem Schirm (Tab. 61). Bodenbearbeitung hatte keinen positiven Einfluß auf den Höhenzuwachs junger Ahornpflanzen.

Einflußfaktor \ Wachstumsparameter (Jahrgang)	Sproßlänge einjährig		Zuwachs zweijährig (1977)
	(1977)	(1978)	
Beschirmung (A)	n.sig.	n.sig.	***
Bodenbearbeitung (B)	n.sig.	n.sig.	n.sig.
Wechselwirkung (AxB)	n.sig.	n.sig.	n.sig.

Tab. 61: Ergebnisse der Varianzanalysen: Sproßlängen einjähriger Verjüngungspflanzen am Ende der ersten Vegetationsperiode sowie Zuwachs zweijähriger Pflanzen in der zweiten Vegetationsperiode; Baumart Ahorn.

(Signifikanzen: n.sig. = nicht signifikant
*** = p = 0,001)

3.238 Zusammenfassung

Die Verjüngungspflanzen aus den Samen der Masten 1976 und 1977 wurden auf insgesamt 1.504 Probekreisen erfaßt und ihre Entwicklung in regelmäßigen Intervallen verfolgt. Ausgehend von der Zahl keimfähiger Samen auf den Parzellen wurden - so gut das bei einer Freilandaufnahme möglich ist - Keimverlauf und Keimerfolg, Ausfälle sowie Schäden und deren Ursachen, Pflanzendichten, Verteilung der Verjüngungspflanzen sowie deren Wachstum beobachtet.

Ergebnisse:

1. Die Keimung der einzelnen Baumarten verlief unterschiedlich. Tannensamen, Bucheckern und vor allem Ahornfrüchte keimten früh; oft waren ihre Keimwurzeln schon unter der Schneedecke ausgetrieben. Fichtensamen keimten dagegen erst Anfang Juni bis Mitte Juli. Die erste Gruppe kann danach als Frühkeimer bezeichnet werden, wogegen die Fichte ein Spätkeimer ist.

Mit zunehmender Meereshöhe verzögerte sich der Keimbeginn; unabhängig von der Baumart keimten die Verjüngungspflanzen in 1.200 m ü.NN gegenüber denen in 900 m um vier bis sechs Wochen später. Allerdings lief der Keimprozeß dann in 1.200 m deutlich rascher ab. Trotzdem ergab sich für die 1.200-m-Fläche noch eine Verzögerung von zwei bis vier Wochen auch für den Abschluß des Keimprozesses.

Die Dichte der Überschildung war für die Frühkeimer und die Spätkeimer von unterschiedlicher Bedeutung. Tannensamen, Bucheckern und Ahornfrüchte liefen unter aufgelockertem Schirm zeitiger auf als unter dichtem Schirm. Bei den spät keimenden Fichten war es genau umgekehrt. Bei Tanne, Buche und Ahorn dürfte hierzu die Wärme, bei Fichte vor allem die Feuchtigkeit entscheidend beigetragen haben.

Für einen Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Keimverlauf ergaben sich keinerlei Anzeichen.

2. Die unterschiedliche waldbauliche Behandlung der Altbestände wirkte sich bei keiner Baumart signifikant auf das Keimergebnis (Keimlingsprozent) aus. Allerdings war das Keimlingsprozent von Fichte

und Ahorn unter aufgelockerter Beschirmung fast immer höher als unter dem dichten Schirm der Kontrollparzellen.

Bodenbearbeitung hatte nur bei Fichte einen nachweislich positiven Einfluß auf das Keimergebnis.

Zwischen den Versuchsflächen, d.h. zwischen den verschiedenen Standorten, traten keine Unterschiede auf.

3. Die Pflanzenprocente einjähriger Fichten schwankten 1977 je nach dem Grad der Überschirmung zwischen 1 und 34, 1978 wurden im besten Fall nicht einmal 8 % erreicht. In beiden Jahren entfielen die geringsten Werte auf die Kontroll- und die höchsten auf die starken Schirmhiebparzellen. Nahezu immer wiesen die bodenbearbeiteten Teilparzellen höhere Werte auf als die unbearbeiteten.

Die Pflanzenprocente der im Herbst 1978 zweijährigen Fichten lagen zwischen 0,4 und 30, wobei besonders die Werte für die dicht überschirmten Parzellen gegenüber dem Vorjahr abnahmen.

Der Einfluß der Überschirmung und die Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Pflanzenausbeute waren sowohl für die einjährigen als auch für die zweijährigen Fichten abzusichern.

Die Pflanzenprocente einjähriger Tannen bewegten sich zwischen 5 und 35. Die Werte für die starken Schirmhiebparzellen lagen zwar meist über denjenigen für die Kontrollparzellen, signifikant unterschieden sie sich jedoch erst im Jahr darauf (d.h. die Werte für die zweijährigen Individuen). Mit der Bodenbearbeitung verhielt es sich umgekehrt; die Unterschiede zwischen den Pflanzenprozenten für die Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung waren 1977 noch signifikant, 1978 bei den dann zweijährigen Tannen jedoch nicht mehr.

Für Buche ergaben sich Werte bis zu 25 %. Die höchsten Pflanzenprocente wiesen meist die Kontrollparzellen auf. Nur auf der 1.200-m-Fläche faßten anteilig mehr junge Buchen unter aufgelocker-tem Schirm Fuß. Ein gesicherter Einfluß der Beschirmung oder eine Wirkung der Bodenbearbeitung war nach einer Vegetations- und einer Winterperiode für Buche nicht abzulesen.

Die Pflanzenprozentage des Ahorn variierten zwischen 11 und 100. Im allgemeinen kam auf den locker überschirmten Parzellen mehr Ahorn an als unter dichtem Schirm, eine Wirkung der Beschirmung auf das Pflanzenprozent war nicht abzusichern. Auch der Einfluß der Bodenbearbeitung erwies sich als nicht signifikant.

4. Es wurden folgende abiotische Schäden, die zu Pflanzenverlusten führten, beobachtet: Abknicken des Hypokotyls infolge von Starkregen, Hagel oder Abrutschen von Schnee aus den Baumkronen bei späten Schneefällen, Abschwemmen ganzer Individuen, Barfrost, Frosttrocknis, Vertrocknen und Hitzeeinwirkungen.

Biotische Schäden gingen in erster Linie auf Mäusefraß - gut erkennbar an der charakteristisch gestuften Fraßstelle - und, besonders im Juni, auf Schneckenfraß zurück. Insektenfraß spielte nur eine untergeordnete Rolle. Anfang bis Mitte Juni trat die Buchenblatt-Baumlaus (*Phyllaphis fagi*) verstärkt auf. Sie verursachte an jungen Buchen erhebliche Vitalitätseinbußen. Dies hatte meist Pilzinfektionen zur Folge, die oft zum Absterben der betroffenen Individuen führten.

Pilzschäden wurden durch den Buchenkeimlingspilz (*Phytophthora omnivora*) und den Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) hervorgerufen; der Schneeschimmel (*Herpotrychia nigra*) trat ausschließlich auf der 1.200 m hoch gelegenen Fläche in Erscheinung.

5. Im wesentlichen ereigneten sich die Verluste an jungen Fichten in der Zeit von Mitte Juni bis Mitte August, d.h. schon während deren Keimperiode.

Die Ausfälle bewegten sich insgesamt zwischen 14 und 91 %; sie waren 1977 deutlich geringer als 1978. Der Einfluß der Überschirmung auf den Umfang der Verluste war hochsignifikant; jeweils die höchsten Ausfälle an jungen Fichtenpflanzen ereigneten sich unter dichtem Schirm.

1977 war knapp die Hälfte aller Ausfälle durch pilzliche Schäden bedingt, dagegen traten 1978 mehr Fraßschäden (38 %) hervor. Ihr Anteil war auf den unbearbeiteten Teilparzellen signifikant höher.

Abiotische Schäden hatten ebenfalls noch einen relativ hohen Anteil (12 - 33 %). Sie kamen auf den locker überschirmten Parzellen signifikant häufiger vor als auf den dicht überschirmten; verringerter Schirmschutz wirkte sich dabei auf den bearbeiteten Probekreisen besonders nachteilig aus. Insgesamt verschwand ein Drittel der Fichten, ohne daß die Schadensursache geklärt werden konnte.

Die Ausfälle an jungen Tannen ereigneten sich ebenfalls überwiegend schon in deren Keimperiode. Nach 2 Vegetations- und 2 Winterperioden waren zusammen bis zu 57 % der markierten Individuen ausgefallen. Auf der Hauptversuchsfläche ergaben sich unter dichtem Schirm etwa doppelt so hohe Verluste wie unter lockerem Schirm. Auf der Südfläche hingegen waren die Ausfälle etwa gleich. Trotzdem führten die Einflüsse der jeweiligen Überschirmung zu keinen signifikant unterschiedlichen Tannenverlusten.

Insgesamt gesehen ging je ein Drittel der Ausfälle an jungen Tannenpflanzen auf Pilz- und Fraßschäden zurück, weitere 10 % der Ausfälle hatten abiotische Ursachen. Abiotische Schäden bewirkten auf den starken Schirmhiebparzellen zirka ein Drittel aller Ausfälle, unter dichtem Schirm dagegen nur 3 %.

Jahreszeitlich gesehen überwogen an den jungen Tannen im Frühjahr die abiotischen Schäden, im Juni die Fraßschäden und ab August die Pilzinfektionen.

Bucheckerr. und Buchenkeimlinge wurden hauptsächlich von Mäusen gefressen. Der Gipfel der Mäusegradation (April/Mai 1978) fiel zeitlich etwa mit dem Keimhöhepunkt der Bucheln zusammen.

Auf den starken Schirmhiebparzellen waren die Ausfallraten häufig deutlich höher als auf den Kontrollparzellen. So gingen nahezu alle Keimlingsverluste im Frühjahr auf Mäusefraß zurück. Im Juli traten die Pilzschäden in Erscheinung, die dann im Winterhalbjahr zu erheblichen Abgängen führten (*Phytophthora omnivora*). *Botrytis cinerea* trat hauptsächlich auf der 1.200-m-Fläche auf, dessen Befall dort dazu führte, daß die betroffenen Individuen im folgenden Frühjahr nicht mehr austrieben. Ein Einfluß der Beschirmung

auf die Schadensart zeigte sich insofern, als die Pilzinfektionen auf dicht überschirmten Parzellen weitaus häufiger auftraten als auf den weniger dicht überschirmten. Mit dem Anteil der Fraßschäden verhielt es sich umgekehrt.

Die Zahl der Ausfälle, die durch abiotische Faktoren verursacht worden sind, war unbedeutend. Insgesamt blieben 11 % der Buchenverluste ungeklärt.

Die Verluste an jungen Ahornpflanzen lagen nach einer Vegetations- und Winterperiode zwischen 25 % und 78 %. Meist waren schon vor August mehr als die Hälfte der Keimlinge wieder ausgefallen.

Wie auch an Buchen, so gingen die Verluste überwiegend auf Mäusefraß zurück (73 %). 6 % fielen Pilzinfektionen zum Opfer. Abiotische Schäden blieben unbedeutend, und bei knapp einem Fünftel der Ausfälle konnten die Ursachen nicht geklärt werden. Die Art der Überschirmung spielte keine Rolle.

6. Von den zirka 18.000 markierten Pflanzen wurden etwa 500 Stück beobachtet, die, zwar beschädigt, überlebten. Etwa 80 % davon waren durch Fraß geschädigt worden.
7. Fichtenverjüngung hatte sich im Herbst 1978 auf allen Teilparzellen in einer Dichte von 0,1 bis 7,3 Stück/m² eingefunden. Sie bestand aus bis zu 60.000 einjährigen und zwischen 1.000 und 23.000 zweijährigen Pflanzen je Hektar. Auf allen Flächen ergaben sich unter aufgelockertem Schirm deutlich höhere Pflanzenzahlen als unter dichtem Schirm.

An Tannenverjüngung ließen sich je Hektar zwischen 1.000 und 22.000 Stück, meist zweijährige Individuen, zählen. Dabei war auf der Hauptversuchsfläche die höchste Pflanzendichte unter aufgelockertem Schirm, auf der Südfläche dagegen unter dem dichten Schirm der Kontrollparzelle.

Die Pflanzendichte der Buchenverjüngung zeigte sich stark abhängig von der Menge des Buchenaufschlags. So blieben die Kahlhiebsparzellen, die ohnehin keinen Buchenaufschlag hatten, und Parzellen, auf denen die wenigen Keimlinge restlos von Mäusen gefressen wurden, ohne junge Buchen. Demgegenüber wies die Kontrollparzelle auf der Südfläche mehr als 17 junge Buchen je m² auf.

Ahornverjüngung kam auf jeder Parzelle an, mit Ausnahme der 800-m-Fläche, auf der ohnehin kaum Ahornsamen gefallen waren. Auf den einzelnen Parzellen schwankte die Zahl ein- und zweijähriger Pflanzen zwischen 1.000 und 122.000 Individuen je Hektar. Erstaunlich groß war die Pflanzendichte auf der Kahlhiebsparzelle 2.3 mit nahezu 6 Ahornpflanzen pro m².

Ein Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Pflanzendichte ließ sich für keine Baumart bis auf Fichte und auch hier nur für drei Schirmhiebsparzellen absichern. Allerdings waren auf den bodenbearbeiteten Teilparzellen meistens mehr junge Fichten zu zählen als auf den unbearbeiteten. Für Tanne, Buche und Ahorn ergab sich demgegenüber kein so einheitliches Bild; die Dichtewerte unterschieden sich nur wenig voneinander oder waren häufig gleich.

Zaunschutz hatte keinen nachweisbaren Einfluß auf die Pflanzendichten.

8. Gemessen an seinem Anteil im Altbestand war der Ahorn an der Verjüngung auf allen Parzellen stark überrepräsentiert. Am Ende der Beobachtungsperiode stellte er im Extremfall bis zu 90 % aller Verjüngungspflanzen. Die Anteile der übrigen Baumarten in der Verjüngung waren einmal größer, einmal kleiner als ihre jeweiligen Anteile im Altbestand.

Zwischen dem Anteil der Fichte sowie dem der Laubbaumarten in der Verjüngung und dem Beschirmungsgrad bestand eine straffe Beziehung: mit zunehmender Beschirmungsdichte stieg der Laubholzanteil, während der Anteil der Fichte entsprechend sank. Ein diesbezüglicher Einfluß der Beschirmung auf den Anteil der Tanne ließ sich nicht absichern.

Auch die Bodenbearbeitung konnte die Mischungsanteile der einzelnen Baumarten in der Verjüngung nicht beeinflussen.

9. Zwischen der Überschirmung und der Anzahl der unbesetzten Probekreise ergab sich ein Zusammenhang, der jedoch für die einzelnen Baumarten unterschiedlich ausfiel. Fichten reagierten auf dichten Schirm erwartungsgemäß sehr deutlich: auf den Kontrollparzellen waren 57 % der Probekreise ohne Fichtenverjüngung, gegenüber 13 %

unter aufgelockertem Schirm. Für Tanne gab es kaum einen Unterschied. Ohne junge Ahornindividuen blieben knapp ein Drittel aller Probekreise auf den Kontrollparzellen, gegenüber 8 % der Kreise auf starken Schirmhiebparzellen. Für Buche waren die Verhältnisse insofern anders, als es unter aufgelockerter Überschirmung mehr unbesetzte Probekreise (75 %) gab als unter dichtem Schirm (50 %). Faßt man alle Verjüngungspflanzen zusammen, so sind unter lockerem Schirm 99 % der Probekreise mit mindestens einer Verjüngungspflanze besetzt, unter dichtem Schirm dagegen blieben 14 % unbesetzt. Auf den starken Schirmhiebparzellen hatten über die Hälfte der Probekreise mehr als 10 Verjüngungspflanzen.

Die Fichten kamen meist leicht, das Laubholz und insbesondere die Buchen häufiger stark geklumpt ($k > 5$) vor; Tannen waren als einzige öfters zufällig verteilt (38 %).

Die empirischen Verteilungen stellten sich beim Vergleich mit theoretischen Verteilungstypen häufig als negative Binomialverteilungen dar.

10. Für die mehrjährigen Verjüngungspflanzen und die Buchen im Altbestand kann die Dauer der Vegetationszeit in 900 m ü.NN mit ca. 130 Tagen und in 1.200 m ü.NN mit etwa 120 Tagen angenommen werden. Für Buchen- und Ahornkeimlinge dauerte die Vegetationszeit um etwa 3 - 4 Wochen länger.
11. Im Laufe der ersten Vegetationsperiode konnten nahezu alle Ahorn- und Buchenpflanzen Primär- bzw. Sekundärblätter bilden, 33 % der Tannenindividuen hatten dagegen noch im Oktober nur Keimblätter. Hinsichtlich der Entwicklung von Primär- bzw. Sekundärblättern zeigten Fichten und Ahorn eine ausgeprägte Abhängigkeit vom Grad der Überschirmung: Auf der Freifläche hatten knapp 80 % der einjährigen Fichten Sekundärblätter, auf der Kontrollparzelle dagegen nur 17 %. Beim Ahorn war das Verhältnis 90 : 27 %.
12. Das als Etiologie bekannte Phänomen, daß sich bei Lichtmangel höhere Sproßlängen ergeben als bei vollem Lichtgenuß, trat bei Fichte, Ahorn und Buche in Erscheinung.

Die Sproßlänge einjähriger Fichten schwankte zwischen 20 und 37 mm - meist jedoch um 30 mm. Die - nicht gesichert - höchsten Werte ergaben sich für die Kontrollparzellen.

Für den Zuwachs der jungen Fichten in deren zweiter Vegetationsperiode erwies sich die Überschildung als signifikanter Faktor; unter dichtem Schirm lag der Höhenzuwachs selten über 10 mm, unter lockerem Schirm dagegen zwischen 15 und 20 mm.

Die mittleren Sproßlängen einjähriger Tannen bewegten sich zwischen 33 und 52 mm, meist lagen sie über 40 mm. Ein Einfluß des Schirms war nicht zu erkennen.

Auf den Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode wirkte sich - allerdings nicht gesichert - die Behandlung des Altbestandes aus; der Zuwachs lag unter dichtem Schirm oft um 10 mm, auf der Freifläche hingegen war er 18 mm.

Die Sproßlängen einjähriger Buchen bewegten sich zwischen knapp 60 und 100 mm. Die Beschirmung hatte keinen nachweisbaren Einfluß auf die Sproßlänge.

Die höchsten Sproßlängen erreichten Ahornpflanzen auf der Kontroll- und der Kahlhiebsparzelle mit Werten über 70 mm. Die geringsten Sproßlängen wurden auf den Schirmhiebsparzellen (oft 50 mm) ermittelt.

In ihrem Höhenzuwachs reagierten die jungen Ahornpflanzen auf Lichtzufuhr von allen Baumarten am deutlichsten (Extreme: 5 - 50 mm). Auf der Kahlhiebsparzelle wurden Zuwachswerte von über 40 mm erreicht, doppelt so hoch wie jene unter dichtem Schirm.

Keine der Baumarten reagierte auf Bodenbearbeitung durch verstärkte Sproßlängenentwicklung im ersten Jahr oder Höhenzuwachs im zweiten Jahr.

Der Höhenzuwachs der zweijährigen Fichten und Tannen fiel in 1.200 m ü.NN merkbar niedriger aus als in 900 m ü.NN.

4. SCHADENSVERSUCH

4.1 Einleitung

Im vorigen Abschnitt 3 wurde über die Keimung und die Entwicklung der Samen aus den Jahren 1976/77 und 1977/78 berichtet. Die aufgetretenen Schäden und Verluste konnten oft nicht eindeutig einer bestimmten Schadensursache zugeordnet werden. So zeigten beispielsweise die ersten Keimlingsaufnahmen auf den Probekreisen nach der Schneeschmelze 1978 mancherorts einen raschen und auffallend hohen Ausfall von Buchen- und Ahornkeimlingen. Das Schadbild ließ Mäuse- oder Vogelfraß vermuten. Eine sichere Unterscheidung dieser beiden Schadursachen war zu diesem Zeitpunkt auch bei Aufnahmen in vierzehntägigem Turnus nicht möglich. Zudem war nicht feststellbar, in welchen absoluten Größenordnungen sich die Ausfälle bewegten, da Abgänge von Individuen, die zwischen den Kontrollterminen keimten, nicht erfaßbar waren.

Auch die im Frühsommer in kurzen Intervallen ausgeführten Erhebungen brachten bei weitem nicht alle Verursacher von Schäden ans Tageslicht. Deshalb wurde im Anhalt an die Untersuchung von PLATE, 1975, eine Versuchsanordnung erdonnen, die Klärung erwarten ließ.

4.2 Vorversuch

4.21 Material und Methoden

Am 20. 4. 1978 wurden auf der Hauptversuchsfläche unter mittleren Belichtungsverhältnissen im Umfassungstreifen der Parzellen 1.1 und 2.2 in vierfacher Wiederholung (Blöcke) jeweils drei 0,1 m² große Kleinparzellen (= Varianten) angelegt und jede davon mit 10 aus der Umgebung gewonnenen Ahorn- und Buchenkeimlingen bepflanzt. Die Ahornkeimlinge hatten bereits alle die Keimblätter entfaltet, von den Buchen hingegen erst die Hälfte. Eine Woche später wurden zusätzlich noch 10 im Labor vorgekeimte Fichtensamen je Kleinparzelle ausgelegt, deren Keimwurzeln zu diesem Zeitpunkt ca. 1 - 2 cm lang waren.

Die drei Kleinparzellen innerhalb eines Blockes hatten 2 m Abstand voneinander. Jeder Block enthielt folgende Schutzvarianten:

- a) Kontrolle (= ungeschützt),
- b) geschützt vor Vögeln,
- c) geschützt vor Vögeln und Mäusen.

Zum Schutz vor Vögeln - Variante b) - wurde eine Drahthaube über den Keimlingen aufgestellt, die unten etwa 3 cm breit offen war. Hierdurch war Mäusen ein ungehinderter Zutritt möglich, Vögel konnten jedoch wirksam ferngehalten werden, da letztere den Aufenthalt unter einem derartigen Fluchthindernis erfahrungsgemäß meiden (PLATE, 1975, BÄUMLER, 1980). Damit auch Mäusen der Zutritt zu den Keimlingen verwehrt wurde - Variante c) -, mußte die Drahthaube 10 cm tief an den Rändern in den Boden eingegraben werden.

Im Abstand von 14 Tagen kontrollierten wir die Versuchsreihe. Auf den Varianten a) und b) mittlerweile ausgefallene Buchen- und Ahornkeimlinge wurden am 27. 4. und 4. 5. durch neue Individuen ersetzt. Am 19. 5. 1978 wurde der Vorversuch abgeschlossen.

4.22 Ergebnisse

Die folgende Tabelle 62 zeigt die Ausfallprozente von Buchen-, Ahorn- und Fichtenkeimlingen auf den einzelnen Parzellen.

Es zeigte sich, daß auf den ungeschützten Kleinparzellen (Variante a) innerhalb von 4 Wochen nahezu alle Ahorn- und Buchenkeimlinge zu Schaden kamen - 90 % waren bis auf einen etwa 1 cm hohen Rest des Hypokotyls abgebissen, die übrigen 10 % wurden total ausgerissen oder lagen abgebrochen auf dem Boden. Auf Kleinparzellen mit Vogelschutz (Variante b) erlitten die Buchen ebenfalls 100 % Ausfall. Der Ahorn wurde hingegen im Mittel nur zu 60 % geschädigt; alle davon betroffenen Individuen waren abgebissen worden, wie die Hypokotylreste erkennen ließen. Auf den vor Vögeln und Mäusen geschützten Kleinparzellen (Variante c) gab es keine Abgänge, lediglich Schneckenfraß, der die Pflanzen jedoch nur schädigte, war an mehreren Buchen-, besonders aber an den Ahornkeimlingen zu sehen.

Unterschiedlich war auch die Schnelligkeit, mit der sich die Ausfälle auf den einzelnen Kleinparzellen einstellten. Die Ausfälle auf den Kleinparzellen der Blöcke I und IV, beide in unmittelbarer Nähe von Reisighaufen gelegen, erreichten sichtlich eher höhere Werte als die in offenem Gelände gelegenen Kleinparzellen II und III. Bis auf die Kleinparzellen des Blocks II wurden stets zuerst die Buchenkeimlinge gefressen, erst dann trat auch höherer Ausfall bei Ahornkeimlingen auf.

Behandlung des Altbestands (Parz. Nr.)	Block	Schutz- Varian- te	Anzahl be- obachteter Keimlinge			davon ausgefallen bis								
						4.5.1978			19.5.1978					
			Bu	Ah	F1	Bu	Ah	F1	Bu	Ah	F1	Bu	Ah	F1
			St	St	St	%	%	%	%	%	%	%	%	%
schw.Schirmh. (1.1)	I	a)	24	25	10	87	64	50	100	100	90			
		b)	30	24	10	70	60	80	100	100	100			
		c)	10	10	10	0	0	90	0	0	100			
	II	a)	19	20	10	5	35	70	100	85	100			
		b)	10	13	10	0	31	70	100	54	100			
		c)	10	10	10	0	0	80	0	0	100			
st.Schirmh. (2.2)	III	a)	13	10	10	29	0	70	100	100	90			
		b)	14	10	10	35	0	80	100	30	100			
		c)	10	10	10	0	0	60	0	0	80			
	IV	a)	10	10	10	70	20	80	100	100	90			
		b)	10	10	10	30	0	80	100	60	100			
		c)	10	10	10	0	0	20	0	0	50			

Tab. 62: Ergebnis des Vorversuchs zur Kartierung der Schadensursachen.

- a = ungeschützt
b = geschützt vor Vögeln
c = geschützt vor Vögeln und Mäusen

Die Fichtenkeimlinge erlitten dagegen, unabhängig von der Art des Schutzes, rasch sehr hohe Ausfälle. Die Schadbilder unterschieden sich deutlich von denen der Ahorn- und Buchenkeimlinge. Die Keimwurzeln waren bis auf den Samen zurückgefressen, nur wenige Individuen fehlten völlig (1 - 2 Stück pro Parzelle).

4.23 Zusammenfassung

Ein Vorversuch zur exakten Ermittlung von Schadensursachen nach der Keimung von Buchen, Ahornen und Fichten ergab folgendes Bild: Die Ausfallquoten von Buchen- und Ahornkeimlingen standen in engem Zusammenhang mit den Schutzvorkehrungen auf den Parzellen. Auf den vor Vögeln geschützten Flächen waren alle geschädigten Individuen abgebissen; stets waren ca. 2 cm hohe Hypokotylreste zu finden. Auf den

ungeschützten Kleinparzellen waren dagegen an nur 90 % der geschädigten Pflanzen Hypokotylreste zu finden und 10 % der Keimlinge verschwunden. Sie wurden vermutlich von Vögeln herausgerissen.

Alles in allem konnten die Ausfälle zu 90 % auf Mäusefraß zurückgeführt werden. Insbesondere die in unmittelbarer Nähe von Reisighaufen - einer natürlichen Deckung für die Mäuse - wachsenden Verjüngungspflanzen wurden sehr rasch und ohne Ausnahme geschädigt. In jenen Kleinparzellen, die weniger Deckungsmöglichkeiten in der Umgebung boten, traten die Schäden langsamer ein, betrafen dann aber auch fast alle Pflanzen. Buchenkeimlinge wurden eindeutig Ahornkeimlingen vorgezogen.

Die Ausfälle an Fichten waren hingegen auf allen Kleinparzellen nahezu gleich hoch. Im Gegensatz zu den Buchen- und Ahornkeimlingen traten sie unabhängig von den Schutzvorkehrungen gegen Vogel- und Mäusefraß ein. Das Schadbild ließ Fraß von Tieren anderer Art vermuten.

4.3 Hauptversuch

4.31 Einleitung

Die aus der vorbeschriebenen Versuchsreihe gewonnenen Erkenntnisse ließen zwar schon einen deutlichen Schwerpunkt der Schadensursachen erkennen, jedoch wurde durch die aufgetretenen Schäden in den voll geschützten Kleinparzellen und insbesondere durch die Ausfälle an den zu einem späteren Zeitpunkt in die Versuchsreihe aufgenommenen Fichten deutlich, daß der Kreis der zu untersuchenden potentiellen Schadensverursacher weiter zu ziehen war als ursprünglich angenommen. Auch die gleichzeitig laufenden Pflanzenaufnahmen auf den übrigen Versuchsflächen brachten noch eine Reihe von Schadbildern zutage, deren Verursacher näher zu bestimmen waren. Beispielsweise konnten 1977 an Fichten- und Tannenkeimlingen Abgänge häufig nicht eindeutig Trocknis oder Pilz zugeordnet werden; auch die Rolle von Schnecken- und Insektenfraß blieb ungeklärt.

4.32 Material und Methoden

Am 18. 5. 1978 wurde deshalb auf der Hauptversuchsfläche mit einer Zusatzuntersuchung begonnen, die sich mit der Gesamtheit der biotischen Schadensfaktoren (Vogel-, Maus-, Schnecken-, Insekten- und Pilzschäden) befaßte.

Hierzu wurden die Einwirkungsmöglichkeiten dieser Verursacher auf Verjüngungspflanzen bzw. Samen durch folgende Versuchsvarianten begrenzt:

1. Kontrolle (= ungeschützt)
2. Schutz vor Vögeln
3. Schutz vor Vögeln und Mäusen
4. Schutz vor Vögeln, Mäusen und Schnecken
5. Schutz vor Vögeln, Mäusen, Schnecken und Insekten
6. Schutz vor Vögeln, Mäusen, Schnecken, Insekten und Pilzen (= Vollschutz)

Jeweils sechs unterschiedliche Varianten wurden mit einem Abstand von 5 m voneinander zu einem "Block" zusammengefaßt. Die räumliche Verteilung der einzelnen Varianten innerhalb eines Blocks erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Insgesamt wurden 8 Blöcke gebildet, wobei je 2 Blöcke paarweise gegenüberliegend in den Umfassungstreifen der vier Schirmhiebparzellen angeordnet wurden (vgl. Abb. 38).

Anstelle der im Vorversuch beschriebenen Drahthaube wurde diesmal ein quadratischer Drahtkäfig mit einer Kantenlänge von 50 cm aus Kellergeflecht mit einer Maschenweite von 1 cm gewählt. Dieser Käfig wurde entsprechend der Anordnung im Vorversuch zum Schutz vor Vögeln, mit der Öffnung nach unten, 3 cm über der Bodenoberfläche befestigt. Bei allen anderen Schutzvarianten (Nr. 3 - 6) wurde der Käfig zum Schutz vor Mäusen an den Rändern 10 cm tief in den Boden eingelassen. Um die Käfige der Varianten 4, 5 und 6 wurde zusätzlich zum Schutz vor Schnecken "Schneckenkorn" der Fa. Cella Merck in einer dichten Spur um die Außenkanten der Käfige gelegt. Nach starkem Regen wurde jeweils nachgestreut. Zum Insektenschutz wurden die Varianten 5 und 6 jeweils alle drei Wochen mit dem Insektizid Hortex combi in

Jede einzelne dieser Anordnungsvarianten wurde mit je 10 Buchen- und Ahornkeimlingen bepflanzt. Zusätzlich wurden jeweils 20 Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornsamen ausgelegt und, um das Abschwemmen zu verhindern, in den Boden eingedrückt (Abb. 39). Die Witterung nach der Verpflanzung war kühl und feucht.

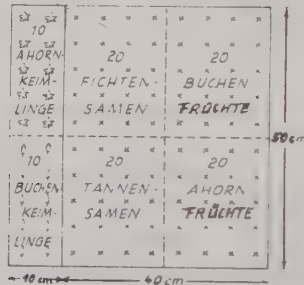


Abb. 39: Schema einer Kleinparzelle (= Variante) mit räumlicher Anordnung der Buchen- und Ahornkeimlinge sowie der Fichten-, Tannensamen, Buchen- und Bergahornfrüchte.

Die Buchen- und Ahornkeimlinge wurden aus der näheren Umgebung der Hauptversuchsfläche gewonnen. Damit war gewährleistet, daß das verwendete Pflanzenmaterial hinsichtlich Entwicklungsstand und Qualität der Umgebung entsprach. Lediglich junge Buchen waren im näheren Umgriff knapp, so daß hier die noch fehlenden Keimlinge aus der Umgebung der 1.200 m hoch gelegenen Nebenversuchsfläche herbeigeschafft werden mußten. Dabei handelte es sich um Pflanzen, deren Keimblätter noch nicht voll entfaltet waren.

Das verwendete Saatgut war unterschiedlicher Herkunft. Die Fichtensamen stammten von der Nebenversuchsfläche Nord, sie ließen - gereinigt - ein hohes Keimprozent erwarten. Die benötigten Tannensamen und Ahornfrüchte wurden vom Institut für Samenkunde und Forstpflanzenzüchtung zur Verfügung gestellt. Dieses hat bei Keimprüfungen im Winter 1977/1978 herausgefunden, daß beide, Tannen und Ahorn, einen Anteil von ca. 50 % an keimfähigen Samen hatten. Die Beschaffung der Bucheckern bereitete große Schwierigkeiten. Auf dem Markt war kein Bu-

chensaatgut verfügbar. Lediglich vorgenanntes Institut hatte noch den Rest einer Probe. Leider hatte dieses Samenmaterial einen hohen Hohlkornanteil und ließ - teilweise äußerlich stark angeschimmelt - nur einen geringen Keimerfolg erwarten. Dennoch wurde dieses fehlerhafte Material ausgebracht, um zumindest Aussagen über Verlust oder Verbleib der Bucheln zu ermöglichen.

Der Versuch wurde bis zum 1. Oktober in 14tägigem Turnus kontrolliert. Trotz des 10 cm tief eingelassenen Schutzgitters war es Mäusen gelungen, in drei Kleinarzellen (Schutzvarianten 3, 5 und 6) einzudringen. Es wurde darauf verzichtet, die Fehlwerte aus den restlichen Wiederholungen zu errechnen, somit standen für die varianzanalytische Auswertung der Ergebnisse dieses Blockversuchs statt 8 nur mehr 7 Wiederholungen zur Verfügung. Ein Beispiel dafür befindet sich in Tab. 4 im Anhang III b.

4.33 Ergebnisse

4.331 Überlebenschancen von Buchen- und Ahornkeimlingen bei Ausschaltung möglicher Schadfaktoren

Auffallendstes Ergebnis des Versuchs (s. Tab. 63) war, daß die Buchenkeimlinge vollständig ausfielen. Ein Unterschied zwischen ungeschützten (Var. 1) und vogelgeschützten Varianten (Var. 2) war nicht erkennbar. Ein Beitrag der Vögel an den Ausfällen konnte daher ausgeschlossen werden. Der Schutz vor Mäusen (Var. 3) führte zu einer mittleren Überlebensrate der Buchenkeimlinge von 56 %. Zusätzlicher Schutz vor Schnecken (Var. 4) erhöhte die Überlebensrate gesichert auf 75 %, wohingegen der zusätzliche Insektenschutz (Var. 5) keinerlei weitere Verbesserung ergab. Unter Vollschutz (Var. 6) lagen die Ausfälle im Mittel bei 7 %. Der zusätzliche Schutz gegen Pilzbefall hat daher gegenüber den übrigen Varianten eine weitere hoch signifikante Verringerung der Ausfallquote erbracht, und zwar gegenüber den nur vor Schnecken bzw. Insekten geschützten Varianten (Var. 4 und 5) um ca. 20 %.

Keimling Schutz- variante	Überlebensprozente bei					
	unge- schützt	Schutz vor Vögeln	zusätzl. vor Mäusen	zusätzl. vor Schnecken	zusätzl. vor Insekten	zusätzl. vor Pilzen
	%	%	%	%	%	%
Buche	0 a	0 a	56 b	76 c	72 bc	93 d
Ahorn	7 a	13 a	96 b	91 b	94 b	100 b

Tab. 63: Überlebensprozente von Buchen- und Ahornkeimlingen im Herbst 1978 bei Ausschaltung unterschiedlicher Schadfaktoren.

(Mit gleichen Buchstaben versehene Mittelwerte unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 5\%$ statistisch nicht.)

Als einzige bedeutsame Schutzmaßnahme für die Ahornkeimlinge (s. Tab. 63) erwies sich die Abwehr der Mäuse. Bei den nicht vor Mäusen geschützten Versuchsvarianten (Var. 1 und 2) ergaben sich Ausfälle von 87 % bis 93 % (zusätzlicher Vogelschutz zeigte einen kleinen, aber nicht signifikanten Unterschied), der Schutz vor Mäusen ließ jedoch die Ausfallquoten auf Werte unter 10 % absinken. Und bei Ausschaltung aller Gefahrenquellen (Var. 6 = Vollschutz), und damit auch der Pilze, überlebten sämtliche Individuen. Die Unterschiede zwischen den Ausfallraten der drahtgeschützten Varianten waren alle nicht signifikant.

4.332 Überlebenschancen der Fichten- und Tannensamen sowie der Ahorn- und Buchenfrüchte bei Ausschaltung möglicher Schadfaktoren

Die ausgebrachten Samen wurden auf allen den Mäusen zugänglichen Kleinparzellen (Var. 1 und 2) z.T. sehr rasch vernichtet, sei es, daß sie verschwunden oder zumindest angefressen waren.

Es wurden sämtliche Samenarten angegriffen, nicht nur die Buchen- und Ahornfrüchte, sondern erstaunlicherweise auch Fichten- und sogar Tannensamen, obwohl es bisher noch nicht gelungen ist, Samen oder Keimlinge der Tanne im Mageninhalt von Mäusen nachzuweisen (BÄUMLER, HOHENADL, 1980). Die innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Käfige gefundenen Reste der Samen wiesen dabei jedoch alle eindeutig Beschä-

dingungen durch Mäuse auf (Abb. 40). Anhand der Zahnsuren ist z.T. auch sehr gut das Vorgehen der Mäuse beim Fraß abzulesen: Hohle Samen, wie z.B. die Buchecker in der Abb. 40 oben rechts, wiesen nur kleine Beschädigungen auf. Z.T. stark verholzte Tannensamen (s. Abb. 40, unten rechts) wurden von mehreren Seiten geöffnet. Bei Ahornfrüchten gelang es den Mäusen häufig, diese in der Mitte aufzuspalten und die Kotyledonen herauszunehmen. Sämtliche in den Käfigen ausgebrachten Samen blieben erhalten.

Das Schicksal der in den Drahtkäfigen (Var. 3 - 6) vor Mäusen geschützten Tannensamen und Buchen- und Ahornfrüchte wurde nicht weiter verfolgt, weil die daraus entstandenen Keimlinge wegen eines - wie befürchtet - geringen Keimergebnisses bei der Buche und der stark verzögerten Keimung von Ahornfrüchten und Tannensamen (aus Zeitgründen unterblieb eine Vorbehandlung durch Stratifizierung) keinen Vergleich mit den in der Umgebung unter natürlichen Verhältnissen gekeimten Samen erlaubten.

Im Gegensatz zu den Tannen, Buchen und Ahornen keimten die Fichtensamen in so ausreichender Zahl und so zeitgerecht, daß mit ihnen eine vollständige Auswertung nach Ausfallursachen aufgebaut werden konnte.

Wie schon zur Auswertung der Beobachtungen bei der "Permanentaufnahme" werden auch hier folgende Kriterien herangezogen:

1. Verhältnis der Anzahl der ausgebrachten Samen zu der Anzahl aller daraus entstandenen Keimlinge (Keimlingsprozent).
2. Verhältnis der Anzahl der am Ende der Vegetationsperiode noch lebenden Keimlinge zur Anzahl der zu Beginn ausgebrachten Samen (Pflanzenprozent).

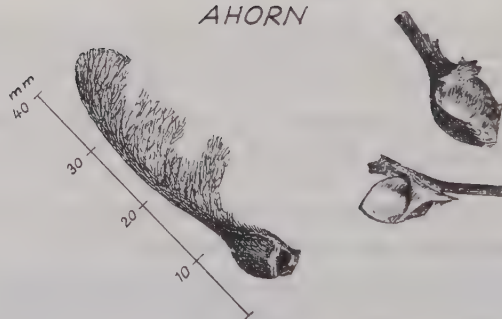
Die Auswirkungen der unterschiedlichen Schutzmaßnahmen auf das Keimlings- und das Pflanzenprozent der Fichte ergeben sich aus der Tabelle 64.

Auf den voll geschützten Flächen lag das Keimlingsprozent mit 80 % erwartungsgemäß sehr hoch. Auf den ungeschützten oder nur vogelgeschützten Varianten (Var. 1 und 2) dagegen konnten nur 1 bis 2 % der Samen als Keimlinge registriert werden. Der Schutz vor Mäusen (Var. 3) brachte eine Verbesserung des Keimlingsprozents auf knapp 50 %, zusätzlicher Schneckenschutz (Var. 4) ein Ansteigen um weitere 20 % auf knapp 70 %.

BUCHE



AHORN



TANNE

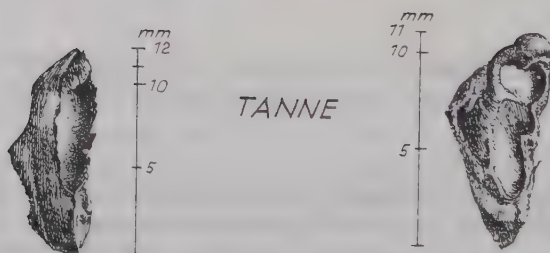


Abb. 40: Von Mäusen befallene Bucheckern, Ahornfrüchte und Tannensamen.

Hilfsgröße	unge- schützt %	Schutz vor Vögeln %	zusätzl. vor Mäusen %	zusätzl. vor Schnecken %	zusätzl. vor Insekten %	zusätzl. vor Pilzen %
Keimlingsprozent	2,1 a	1,4 a	49,3 b	77,8 c	73,0 c	79,3 c
Pflanzenprozent	0,7 a	0,7 a	23,6 b	51,4 c	48,0 c	53,6 c

Tab. 64: Die Wirkung unterschiedlicher Schutzmaßnahmen auf die Entwicklung junger Fichten.

(Mit gleichen Kleinbuchstaben versehene Mittelwerte unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 5 \%$ statistisch nicht.)

Das Pflanzenprozent zeigte etwa dieselbe Entwicklung, lediglich die Wirkung des Schneckenschutzes kam wesentlich deutlicher (hoch signifikant) zum Ausdruck: Das Ausbringen von Schneckenkorn (Var. 4) erbrachte eine Steigerung der Überlebensrate der Individuen auf knapp 30 % gegenüber den lediglich vor Mäusen und Vögeln geschützten Varianten (Var. 1 - 3). Weitergehende Schutzmaßnahmen auch gegen Insekten und Pilze (Var. 5 und 6) konnten dagegen kein höheres Pflanzenprozent bzw. keine höhere Überlebensrate mehr bewirken.

4.34 Zusammenfassung

In einem Vorversuch zeigte sich, daß neben den Schadfaktoren Vögel und Mäuse auch noch mit einer Reihe anderer Verursacher von Ausfällen gerechnet werden muß. In einer umfassenden Versuchsanordnung wurden deshalb Vögel, Mäuse, Schnecken, Insekten und Pilze in sechs Schutzvarianten ausgeschaltet und diese jeweils acht Mal wiederholt. Auf jede dieser insgesamt 48 Kleinparzellen (0,25 qm) wurden je 10 Buchen- und Ahornkeimlinge sowie je 20 Fichten- und Tannensamen sowie Buchen- und Ahornfrüchte ausgebracht und in 14tägigem Abstand beobachtet.

Ergebnisse:

1. Auf allen den Mäusen zugänglichen Varianten fielen die jungen Buchen- und nahezu alle Ahornpflanzen sehr rasch aus.
2. Für Buchenkeimlinge erwiesen sich als bedeutsame und signifikante Schutzmaßnahmen: der Schutz vor Mäusen (56 % überlebten), der Schutz vor Mäusen und Schnecken (72 % überlebten) sowie der Schutz vor Mäusen, Schnecken und vor Pilzinfektion (= Vollschutz; 93 % überlebten).
3. Für Ahorn zeigte sich vor allem der Schutz vor Mäusen wirksam. Er ließ die Ausfallquote auf Werte unter 10 % absinken. Bei Vollschutz überlebten alle Ahornkeimlinge.
4. Das Keimergebnis der Fichtensamen wurde ebenfalls signifikant von Mäusen beeinflusst. Auf den ungeschützten Kleinparzellen wurden nur 2 % der ausgebrachten Samen als Keimlinge registriert, bei Schutz vor Mäusen bildete dagegen bereits die Hälfte der Samen Keimlinge aus. Zusätzlicher Schneckenschutz verbesserte das Keimlingsprozent nochmals gesichert auf 78 %, ein Wert, der durch Vollschutz nicht weiter verbessert werden konnte (79 %).

Am Ende der Beobachtungsperiode lebten an Fichtenkeimlingen auf den voll geschützten Kleinparzellen 54 % der nach der ausgebrachten Samenzahl möglichen, ohne Schutz vor Mäusen dagegen weniger als 1 %. Mit Mäuseschutz waren es immerhin 24 % und mit zusätzlichem Schneckenschutz 51 %.

Hinweise auf eine mögliche Bedeutung von Insekten- und Pilzschäden für die Fichtenkeimlinge ergaben sich nicht.

5. Alle mit den Fichtensamen ausgebrachten Buchen- und Ahornfrüchte, aber auch sämtliche Tannensamen wurden auf den Mäusen zugänglichen Kleinparzellen rasch vernichtet. Sie wurden entweder von Mäusen verschleppt oder an Ort und Stelle gefressen, wie anhand der Fraßspuren auf den Resten der Samenschalen nachgewiesen werden konnte.

5. DISKUSSION

Der Zweck dieser Arbeit besteht darin, Einblick in die Abläufe zu geben, die den Verjüngungsprozeß im Bergmischwald in der ersten, besonders kritischen Phase bestimmen. Die gedanklichen Ansätze, die der Untersuchung zugrunde liegen, sind eingangs in Form von Frage-sätzen ausgedrückt worden. Die nachfolgende Diskussion soll darlegen, wie weit es möglich war, diese Fragen zu beantworten und wie weit damit neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Sie soll zeigen, wie weit Wissen und Erfahrung bestätigt wurden oder wo Modifikationen dazu notwendig werden. Die Darlegungen dazu folgen den eingangs formulierten Fragestellungen:

5.1 Wie verläuft der Keimprozeß der Baumsamen im Bergmischwald und wodurch wird er beeinflußt?

Der wichtigste Unterschied im Keimverhalten zwischen den Baumarten besteht im Zeitpunkt, zu dem die Keimwurzeln erscheinen und damit der Auflaufprozeß beginnt. Buchen, Ahorne und Tannen, die Baumarten, deren Samen bereits im Herbst und nur mehr zum Teil im Verlauf des Winters fallen, bilden teilweise schon unter dem Schnee die Radicula aus. Der Auflaufvorgang setzt sich dann zügig fort, sowie der Schnee abtaut und die Witterung dies zuläßt. Diese Arten können deshalb als "Frühkeimer" bezeichnet werden. Ganz anders verhält sich die Fichte. Ihre Samen fallen im Gebirge - anders als im Flachland - häufig bereits im Herbst oder Winter (SCHMIDT-VOGT, 1964; ROHMEDER, 1972), doch beginnen sie die Keimung nur ausnahmsweise vor Juni. Die letzten keimenden Samen wurden erst Mitte August gefunden. Dieser Befund bestätigt HEISEKE, 1969, der in seinen Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Fichte herausfand, daß diese Baumart, unabhängig vom Zeitpunkt, zu dem die Samen an den Boden gelangen, erst im späten Frühjahr bzw. im Sommer aufläuft. Auch LUFT, 1973, fand, daß seine Saaten nahezu zum gleichen Zeitpunkt aufliefen, wie die in unmittelbarer Nähe natürlich ausgeflogenen Samen. Da auch wir in dem Schadversuch (s. Kap. 4.32) Fichtensaaten ausführten, konnten wir diese Feststellung überprüfen. Die ausgebrachten Samen keimten - obwohl erst Mitte Mai gesät - zur gleichen Zeit wie die bereits im Herbst ausgeflogenen, nämlich von Ende Mai an. Nach allem muß die Fichte als

ausgesprochener "Spätkeimer" bezeichnet werden. Dieser Befund hat deshalb besonderes Gewicht, da der Keimprozeß auf allen - sehr unterschiedliche ökologische Ausgangssituationen repräsentierenden - Parzellen sehr ähnlich ablief. So machte es beispielsweise keinen Unterschied, ob die Bodenoberfläche bearbeitet war oder nicht.

Temperatur und Feuchtigkeit - und zwar Luft- wie Bodenfeuchtigkeit - sind bestimmende Größen für die Keimung. Das ist experimentell so häufig nachgewiesen worden und im übrigen allgemeines Erfahrungsgut, daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Die eingehenden Studien von LUFT, 1973, und PLATE, 1975, haben das jedoch auch für die Fichte und die von BURSCHEL, HUSS und KALBHENN, 1964, für die Buche unter den Bedingungen des Freilandes nachgewiesen und damit die allgemeine Erfahrung bestätigt.

Bemerkenswert erscheinen jedoch die Konsequenzen, die das für die waldbauliche Behandlung von Beständen im Hinblick auf früh oder spät keimende Baumsamen hat. Die eigenen Resultate lassen nämlich folgendes erkennen: Für die Frühkeimer ist - jedenfalls unter Gebirgsbedingungen - geringe Temperatur der für das Auflaufen kritische Faktor. Deshalb wird diese Entwicklungsphase überall gefördert und beschleunigt, wo Öffnungen des Kronendaches eine schnellere Aufwärmung von Boden und bodennaher Luft im Frühjahr fördern. Feuchtigkeit dürfte dagegen in dieser Jahreszeit selbst bei Strahlungswetter nicht zur kritischen Größe werden. Im Juni/Juli sind die Temperaturen im allgemeinen für eine zügige Keimung überall ausreichend. Besonders bei gutem und daher trockenem Wetter kann es jedoch nicht nur auf dem Kahlschlag, sondern auch in aufgelockerten sonnenseitigen Beständen stärker zur Austrocknung der Bodenoberfläche kommen, an der die ersten kritischen Stadien der Keimung ablaufen, als in geschlossenen Beständen. Dem entspricht nun auch tatsächlich der eigene Befund. Es muß allerdings hinzugefügt werden, daß im Beobachtungszeitraum keine großen klimatischen Extreme zu verzeichnen waren. Deshalb blieben die Konsequenzen für den Verjüngungsprozeß auf den Versuchsflächen ohne praktische Bedeutung.

Die besondere Empfindlichkeit der Fichte gegenüber Feuchtigkeitsmangel in der Keimungsphase ist wahrscheinlich auf die wasserabweisende Wachsschicht zurückzuführen, die die Samen überzieht, eine Eigenart, die auch die Lärche besitzt. Es muß daher über eine längere Zeit hinweg kontinuierlich Feuchtigkeit zur Verfügung stehen, damit das zur Quellung erforderliche Wasser in das Innere des Samens eindringen kann (AUER, 1947). Dabei kommt es dann nicht auf den Wassergehalt des Bodens als ganzem an, sondern auf die dünne Oberflächenschicht, mit der die Samen unmittelbar Kontakt haben. Auf Standorten, wo die Gefahr einer kurzfristigen oberflächlichen Austrocknung besonders groß ist, muß gerade die spät keimende Fichte als gefährdet angesehen werden. Dies gilt in unseren Fällen vor allem für die süd-exponierte starke Schirmhiebparzelle und den Kahlschlag auf der Hauptversuchsfläche, die im Anhalt an TURNER, 1958; AULITZKI, 1961; TURNER et al., 1975, geradezu als Überhitzungsstandorte mit zeitweise für Keimlinge letal hohen Temperaturen bezeichnet werden können.

Neben dem Mikroklima hängt das Keimergebnis von einer Reihe von Gefährdungen ab, denen die Samen in ihrer z.T. 4monatigen Lagerung auf dem Boden ausgesetzt sind. Es sind dies vor allem biotische Faktoren, wie Pilze und tierische Schädlinge.

PLATE, 1975, wies für Fichtensamen nach, daß Vögel, aber auch Mäuse, außerordentlich hohe Verluste verursachen können. Auf seinen Versuchsflächen vernichteten sie innerhalb weniger Tage auf vegetationslosen Parzellen nahezu sämtliche ausgelegte Fichtensamen. Die Folge war, daß dort nur mehr 1 % der Samen keimte. Andererseits liefen auf einer vergrasteten Parzelle 47 % der ausgesäten Samen auf. PLATE erklärte dies damit, daß die Vögel die Samen dort in dem dichten Filz aus *Deschampsia flexuosa* nur schwer oder überhaupt nicht finden konnten.

LUFT, 1973, führte die, wie er meint, geringe Keimlingsausbeute in seinen Versuchen bei Tanne (im ersten Jahr 16 %, im folgenden Jahr 8 %) auf ungünstige Keimbedingungen infolge hoher Bodenfeuchtigkeit zurück. Es wirkten sich vor allem Keimlingspilze begrenzend auf den Keimerfolg aus.

BURSCHEL, HUSS und KALBHENN, 1964, die über den Winter hin die Keimfähigkeit kontrollierten, berichteten, daß sich das Keimprozent für Buche ständig, insbesondere durch Pilzbefall, verringerte. Die Verluste an Bucheckern lagen je nach Intensität der Bodenbearbeitung zwischen 50 % und knapp 90 %. Sie wurden neben dem Pilzbefall vor allem von Mäusen verursacht.

In der fennoskandinavischen und amerikanischen Literatur gibt es eine Reihe von Arbeiten, die sich intensiver mit dem Keimvorgang von Nadelholzsaamen und der weiteren Entwicklung der Keimlinge beschäftigt haben. Sie bleiben jedoch für unsere Betrachtungen wegen der anders gelagerten Verhältnisse unberücksichtigt.

In Anbetracht der vielfältigen Gefährdungen, denen die Samen während ihrer Winterlagerung ausgesetzt sind, war es überraschend, wie hoch das Keimergebnis in der eigenen Untersuchung ausfiel. Im Durchschnitt keimten 1977 10 % der keimfähigen Fichtensamen, 1978 dagegen nur zwischen 6 % und 7 %, obwohl in diesem Jahr viel mehr keimfähige Samen zu Boden gelangt waren. Der Grund für den 1978 niedrigeren Keimerfolg dürfte in der über den Winter 1977/78 hin stark angestiegenen Dichte der Mäusepopulation und damit einem verstärkten Mäusefraß zu suchen sein. Deutlich höher als bei Fichte war das Keimergebnis der Tanne, von der im Durchschnitt knapp 20 % der keimfähigen Samen auf-liefen. Bei Buche wurde das Keimergebnis ganz offensichtlich von der Menge des Aufschlags und von der Mäusedichte bestimmt: war viel Buchenaufschlag gegeben, lag auch das Keimergebnis hoch und umgekehrt. Von allen Baumarten das höchste Keimergebnis wies der Ahorn auf; immerhin keimten 2/3 seiner Früchte.

5.2 Wie entwickelt sich die Verjüngung nach dem Abschluß der Keimphase weiter, und welche biotischen und abiotischen Schadenseinflüsse treten dabei auf?

Nach der ersten wichtigen Phase für die Verjüngung, dem Auflaufen der Samen, folgt eine weitere kritische Zeit, die Phase des Fußfassens der Keimlinge. Auf die hohe Sterbequote der jungen Pflanzen in dieser Periode, insbesondere im ersten Lebensjahr, hat eine Reihe von Autoren hingewiesen (z.B. FABRICIUS, 1927, 1929, 1935; BURSCHEL et al., 1964; KUOCH, 1965; HEISEKE, 1969; HILLGARTER, 1971; LUFT, 1973; PLATE,

1975; METTIN, 1977). Diese allgemein bekannte Tatsache gilt für alle Baumarten. Der Grund für die hohen Ausfälle in dieser Zeit dürfte darin liegen, daß die jungen Pflanzen unmittelbar nach der Keimung gegenüber biotischen und abiotischen Schadfaktoren sehr anfällig sind. Mehr als zwei Drittel der registrierten Verluste an Verjüngungspflanzen ereigneten sich noch vor dem Verholzen des Hypokotyls, d.h. in 900 m ü.NN noch vor Mitte Juli und in 1.200 m vor Anfang August. Das deutliche Nachlassen der Ausfälle nach diesem Zeitpunkt ist sicher darauf zurückzuführen, daß die Keimlinge mit dem Beginn des Verholzens für Mäuse und Schnecken an Attraktivität verlieren, zumal diese Schädlinge um diese Zeit auf die inzwischen üppiger gewordene sonstige Vegetation ausweichen können. Ein weiterer Grund für das Nachlassen der Schäden ist, daß es Pilzen zumindest nicht mehr so leicht gelingt, in die Pflanzen einzudringen.

Eine besonders hohe Überlebenschance früh gekeimter Individuen gegenüber den später aufgelaufenen der gleichen Baumart - wie sie z.B. LUFT, 1973, bei seinen Tannensaaten feststellte - ergab sich in unserem Versuch weder für die Tannen, Buchen oder Ahorne noch für die an sich schon spät keimenden Fichten.

Es ist problematisch, die Ausfallquoten anderer Untersuchungen mit den eigenen zu vergleichen, denn das Ausmaß der Ausfälle hängt sehr stark von den jeweiligen Bedingungen ab, so z.B. von den standörtlichen Verhältnissen oder versuchstechnischen Voraussetzungen, wie Dauer der Beobachtungszeit, Aufnahmeturnus, Intensität der Bodenbearbeitungen. Es wird daher darauf verzichtet.

Dagegen erlaubt die Betrachtung der Ausfallquoten zum Ende der Beobachtungszeit immerhin allgemeine Rückschlüsse auf die Gefährdung der jeweiligen Baumart in der Phase des Ankommens der Verjüngung. Es wurde deutlich, daß sich auf der einen Seite Tannen und Ahorne ähnlich verhalten, auf der anderen Seite - was zunächst überraschen mag, aber durchaus erklärt werden kann - Fichten und Buchen. Etwa die Hälfte der jungen Ahorne und Tannen überlebte nahezu unbeeinflusst von den unterschiedlichsten lichtökologischen Bedingungen. Bei Tanne ist vor allem bemerkenswert, daß die höchste Ausfallquote nur 57 % betrug und sich nahezu keine Ausfälle mehr in der Winterperiode ereigneten.

Dies ist ein Zeichen für die Widerstandsfähigkeit der Tanne in der entscheidenden ersten Phase der Verjüngung. Sie zeigt sich - und dies steht im Widerspruch zu der Feststellung von LUFT, 1973 - zumindest in vergleichbaren Bergmischwaldbeständen als nicht spätfrostgefährdet. Fichte dagegen erwies sich schon in dieser frühen Entwicklungsphase als ausgesprochen lichtabhängig. Ihre Ausfälle lagen, wenn man sie allgemein betrachtet, deutlich über denen von Tanne. Von den registrierten Fichtenkeimlingen verschwanden bis zu 91 %, vor allem - und dort sehr rasch - unter dem dichten Schirm der Kontrollparzellen. Auch für die Buche ergab sich ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Ausfälle und der Behandlungsart der Altbestände, wenn auch aus anderen Gründen. Die jungen Buchen verschwanden vorwiegend auf den starken Schirmhiebparzellen; dies lag einmal daran, daß auf den dicht über-schirmten Parzellen weit mehr Bucheckern gefallen waren und daß außerdem von diesen, selbst im Jahr einer Mausgradation, weitaus mehr als auf den Schirmhiebparzellen überleben konnten.

Betrachtet man die biotischen und abiotischen Schadfaktoren in ihrer Auswirkung auf die Verjüngungspflanzen im Bergmischwald im einzelnen, so zeigt sich, daß zwar die wesentlichsten Schadfaktoren sowie deren typische Schadbilder in Bestimmungsbüchern und forstlichen Lehrbüchern beschrieben sind (z.B. AMANN, 1964; SCHWERTFEGER, 1970), systematische Untersuchungen über Arten und Wirkungsweise von Schadfaktoren auf die Verjüngung des Bergmischwaldes jedoch kaum vorliegen (METTIN, 1977). Nur über den Einfluß des Schalenwildes und des Weideviehs auf die Verjüngung finden sich zahlreiche Veröffentlichungen (MAGIN, 1949; JOBST, 1962; MEISTER, 1969, 1972; PLOCHMANN, 1969; MAYER, 1972, 1975; FORSTER u. SLEIK, 1974; SCHAUER, 1973, 1975, 1976; RAUSCH, 1975; LÖW, 1975; BURSCHEL, 1975, 1977; WEIS, 1980). Diese weisen sämtlich darauf hin, daß die Verjüngung im Bergmischwald nahezu ausschließlich davon abhängt, ob es gelingt, die Verbißschäden des Schalenwildes und die Fraß- und Trittschäden des Weideviehs möglichst auszuschalten bzw. gering zu halten. Dieser Befund beruht allerdings - zumindest was die Rolle des Wildes anbelangt - auf Verbißschäden an älteren Verjüngungspflanzen mit größeren Sproßlängen.

In den eigenen Untersuchungen ergaben sich weder beim Vergleich der Ausfallquoten noch beim Vergleich der Verjüngungszahlen innerhalb und außerhalb der Zäune Unterschiede. Damit kann ein Einfluß des Schalenwildes und auch des Weideviehs auf unsere, nur wenige Zentimeter hohen Verjüngungspflanzen ausgeschlossen werden. Dieser Befund ist deshalb bemerkenswert, weil damit die These von MAYER, 1972; RAUSCH, 1975, und BURSCHEL, 1975, bestätigt wird, nämlich daß Wildverbiß an Verjüngungspflanzen mit weniger als 20 cm Sproßlänge unbedeutend ist. Der Grund, warum METTIN, 1977, der in den Hochlagen des Werdenfelser Landes Verbiß auch an niedrigeren Pflanzen und Keimlingen feststellte, dem widersprach, mag einmal daran liegen, daß in diesem Gebiet mit der Schafweide eine besonders schädliche Form der Waldweide stattfindet, oder daran, daß der Autor Verbißschäden insgesamt betrachtete und nicht zwischen Wildverbiß und Mäusefraß unterschied.

Es zeigte sich in unseren Versuchen, daß die Verjüngungspflanzen auch im Bergmischwald für eine Reihe von Schadorganismen, wie Pilze, Insekten, Schnecken sowie Mäuse und Vögel, ein erhebliches Nahrungsangebot darstellen. Allgemein gelten Vögel und Mäuse als die wichtigsten Schädlinge für Verjüngungspflanzen (HEISEKE, 1969; PLATE, 1975; ENGLER, 1978). Was die Bedeutung der Mäuse auch im alpinen Bereich des Bergmischwaldes anbelangt, so kann dies zumindest für das Jahr 1978 durch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Im Untersuchungsgebiet entwickelte sich durch das erhöhte Nahrungsangebot zweier aufeinanderfolgender Samenjahre (1976/77 und 1977/78) eine Mausgradation. BÄUMLER und HOHENADL, 1980, berichteten darüber. Im Durchschnitt 30 Rötel- und Gelbhalsmäuse, maximal 150 Stück je Hektar, wurden in der kritischen Phase nach dem Fall der Bucheckern im Herbst 1977 bis zum Verholzen der Keimlinge im Juni/Juli 1978 ermittelt. Die Folge war, daß auf Versuchsparzellen mit geringer Samendichte kein Buchenkeimling mehr am Leben blieb. Nur auf zwei Versuchsparzellen, auf denen je Hektar bis zu 1,5 Mio. Bucheckern, die Hälfte davon keimfähig, und zusätzlich noch 250.000 keimfähige Ahornfrüchte gefallen waren, keimte die Buche derartig dicht auf, daß dort der Fraß durch

die Mäuse nicht mehr ins Gewicht fiel. Noch deutlicher als auf den Versuchsparzellen trat der Umfang des Mäusefraßes im Schadensversuch (s. Kap. 4) zutage. Auf allen den Mäusen zugänglichen Varianten fielen rasch sämtliche Buchen- und Ahornkeimlinge den Mäusen zum Opfer, wobei die Mäuse zunächst die Buchen bevorzugten. Nahezu immer waren - für Mäusefraß typisch - ca. 2 cm lange Reste der Hypokotyle zu finden.

Auch für Fichtenkeimlinge war der Schutz vor Mäusen bedeutsam; im Schutz der Drahtkäfige überlebte die Hälfte der Keimlinge, außerhalb dagegen nur 2 %. Auch BURSCHEL et al., 1964, konnten Mäusegradationen nach Buchen-Mastjahren und einen erheblichen Einfluß dieser Kleinsäuger auf die Verjüngung der Buche beobachten. PLATE, 1975, sah die Bedeutung der Mäuse für die Verjüngung der Fichte insbesondere in Jahren mit geringem Samenfall. TURCEK, 1967, stellte einen interessanten Vergleich an: Er verglich den Nahrungsverbrauch von Hirschen und Rötelmäusen und fand, daß 50 Mäuse pro Hektar genauso viele Eicheln fressen wie 5 Hirsche/100 ha. Wenn man dann bedenkt, daß diese Dichte auf mehreren Parzellen in unserem Versuch überschritten wurde, versteht man die Bedeutung, die der Mäusefraß für das weitere Schicksal gerade schwächerer Masten besitzt.

Die Ausfälle durch Vögel blieben auf allen Versuchsflächen nachweislich gering. Dieser Befund steht jedoch im Gegensatz zu den Erfahrungen anderer Autoren (z.B. BURSCHEL et al., 1964; HEISEKE, 1969; LUFT, 1973; PLATE, 1975), daß Verjüngungen durch Vögel stark gefährdet sind. Es ist daher nicht auszuschließen, daß es auch im Bergmischwald Jahre mit einer höheren Schädigung durch Vögel (z.B. Bergfinken- bzw. Buchfinkenschwärme) geben kann.

In unserem Schadensversuch erwies sich ganz überraschend Schneckenfraß als ein überaus bedeutsamer Faktor für das Ankommen der Fichtenkeimlinge, aber auch für das junge Buchen. Mit entsprechenden Schutzmaßnahmen vermochten wir das Überlebensprozent der Buchen- um 16 und der Fichtenkeimlinge sogar um 30 zu verbessern. Schnecken wurden zwar

auch beim Fraß an Ahornkeimlingen beobachtet, offensichtlich bewirkten sie dort jedoch keine größeren Verluste. Im Gegensatz zu uns fand PLATE, 1975, bei seinen Untersuchungen der Verjüngung von Fichte, daß Schneckenfraß für die Fichte ohne besondere Bedeutung war. Daraus kann nun zweierlei geschlossen werden: Zum einen wechseln für Schnecken günstige (feuchte) Jahre mit einem höheren Bestand mit für sie ungünstigeren Jahren, d.h. Jahren mit einem kleinen Bestand. Oder die Dichte der Schnecken ist im Mischwald allgemein höher als im reinen Nadelwald. Es ist durchaus denkbar, daß im Mischwald die Lebensbedingungen für Schnecken günstiger sind, da mehr Schnecken auf dem strukturreichen, teilweise mit unzersetzten Blättern bedeckten Oberboden besser Schutz finden können als auf der eher zur Austrocknung neigenden Nadelaufgabe in einem reinen Fichtenbestand.

Schäden durch Insekten blieben unbedeutend, sie führten zumindest nicht zu nennenswerten Verlusten an Keimlingen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Befunden von BURSCHEL et al., 1964; PLATE, 1975 und LUFT, 1973, überein. Die Bedeutung von Schäden durch Insekten dürfte wohl mehr in Zuwachsverlusten oder in einer allgemeinen Schwächung der betroffenen Pflanzen zu suchen sein.

LUFT, 1973, führte 50 % seiner Ausfälle bei Fichte und Tanne auf die Infektion durch Keimlingspilze zurück. Es waren dies hauptsächlich *Botrytis cinerea* an Fichte und *Septoria parasitica* an Tanne. Auf seinen Versuchspartzellen hatte sich vor allem die hohe Bodenfeuchtigkeit und die wechselhaft kühle Witterung als ungünstig erwiesen; beides schuf gute Voraussetzungen für parasitische Pilze.

Auf unseren Versuchspartzellen wurden 1977, einem Jahr mit feuchtem Sommer, 41 % der Ausfälle an Fichtenkeimlingen Pilzinfektionen zugeschrieben, 1978 dagegen nur 18 %. Andererseits konnte im Schadensversuch für 1978 nachgewiesen werden, daß mit dem Einsatz von Fungiziden (nach Ausschaltung von Mäusen, Vögeln, Insekten und Schnecken) keine Erhöhung der Überlebensrate junger Fichten zu erreichen war. Dies bedeutet, daß die auf den Versuchspartzellen zunächst Pilzinfektionen zugeschriebenen Ausfälle eigentlich andere Ursachen gehabt haben, wie

z.B. abiotische Schäden, Schäden durch Insekten oder Schneckenfraß. Für Buche ergibt sich ein ähnlicher Vergleich. Hier stimmen jedoch die Ergebnisse des Schadensversuchs mit den Erhebungen auf den Parzellen recht gut überein; der auf Pilzinfektion zurückzuführende Anteil lag etwas über 20 %, und Dank der Fungizide blieben in den Drahtkäfigen auch 20 % mehr Buchenkeimlinge am Leben. An Tannen verursachten Pilzschäden etwa 1/3 der Ausfälle, allerdings auf niedrigerem Niveau als beispielsweise das der Fichte. Für Ahorn blieben Pilzinfektionen mit einem Anteil von 6 % an den Gesamtausfällen auf den Parzellen und bemerkenswerterweise auch 6 % im Schadensversuch relativ unbedeutend.

Das Schicksal der jungen Pflanzen hängt nicht zuletzt von einer ganzen Reihe von abiotischen Schadfaktoren ab. Schädigungen, die darauf zurückzuführen sind, spielen nach unseren Ermittlungen von ihrem Umfang her allerdings für die Laubbaumarten Buche und Ahorn keine Rolle. Dagegen waren abiotische Schäden für die Nadelholzarten Fichte und Tanne durchaus von Bedeutung; auf sie gingen immerhin zwischen 12 % und 33 % der Ausfälle an Fichtenkeimlingen zurück, je nachdem, ob die Pflanzen unter dichtem oder lockerem Schirm des Altbestandes ankamen. Dieser Befund stimmt im übrigen recht gut mit einem Wert überein, der sich aus dem Schadensversuch herleiten läßt: Auf einem Anteil von 25 % an den Ausfällen der Fichtenkeimlinge kommt man, wenn man bei der Variante "Vollschutz" (Schutz vor sämtlichen biotischen Faktoren) die Differenz zwischen dem Keimlingsprozent (79 %) und dem Pflanzenprozent im Herbst 1978 (54 %) bildet.

An den mehrjährigen Tannen zeigte sich, daß unvorbereitete, plötzliche Freistellung sehr rasch zu Ausfällen durch abiotische Schäden führt. Für Tannenkeimlinge werden späte Schneefälle im März/April, die z.T. schon aufgerichtete Individuen knicken, bedeutsam. Der Schnee spielt zwar im Untersuchungsgebiet eine große Rolle, dennoch konnten Schäden durch Schneegleiten und -kriechen nicht beobachtet werden. (Es muß mit einer geschlossenen Schneedecke von Mitte November bis Ende April (in 1.200 m ü.NN sogar bis Anfang Mai) gerechnet werden.

Auf den meisten Parzellen werden Schneehöhen von über 1 Meter erreicht). Dieses Ergebnis wird durch die Befunde von SCHÖNENBERGER, 1978, bestätigt, der die Verjüngungssituation auf Lawinenzügen der Schweizer nördlichen Kalkalpen analysierte und zu dem Schluß kam, daß Bewegungen des Schnees für die eigentlich kritische erste Phase des Ankommens der Verjüngung nicht entscheidend sind.

Befall durch Schneeschimmel an Fichte kam lediglich auf der 1.200 m ü.NN gelegenen Nebenversuchsfläche vor, Ausfälle dadurch wurden bisher nicht hervorgerufen.

Unter die abiotischen Schadensereignisse im weiteren Sinne muß auch noch folgendes Geschehen gerechnet werden: Wir machten die Feststellung, daß vorzugsweise junge Nadelholzpflanzen von Blattstreu zugedeckt werden und dort langsam ersticken können, Für Fichte dürfte dabei vor allem der Lichtentzug entscheidend sein. In anderen Fällen wurden diese umgedrückten und zugedeckten Pflanzen z.T. sehr rasch durch Pilze infiziert oder von kleinen Bodenlebewesen gefressen. Verjüngungspflanzen von Buche und Ahorn erleiden hingegen kaum dieses Schicksal, da sie schon im ersten Jahr höhere Sproßlängen erreichen und außerdem keinen so biegsamen Sproß wie die Nadelholzkeimlinge haben. ELLENBERG, 1978, bestätigt diesen Befund. Er erklärt das Fehlen von Moosen und auch von jungen Nadelholzpflanzen in buchenreichen Wäldern mit dem plötzlichen starken Laubfall im Herbst, der bei höherem Buchenanteil im Altbestand den Boden mit einer mehrfachen Schicht von schwer zersetzlichen Blättern abdeckt; diese Schicht werde selbst auf den tätigsten Böden nicht bis zum Frühsommer abgebaut. Im Prinzip ähnlich dachte GAŠPERŠIČ, 1974, der die Gesetzmäßigkeiten der Naturverjüngung in Tannen-Buchen-Wäldern des hohen Karstes untersuchte. Er vermutete, daß die Verjüngung unmittelbar durch biochemische und biologische Vorgänge in der oberen Bodenschicht beeinflusst und wahrscheinlich durch physiologische Faktoren gehemmt oder gefördert wird. Aus diesen Befunden und den eigenen Beobachtungen kann der Schluß gezogen werden, daß in buchenreichen Beständen des Abieti-Fagetums, in dem die meisten Versuchsparzellen liegen, wiederum für die Laubbaumarten Buche und Ahorn die günstigsten Ansamungsbedingungen bestehen.

5.3 Welche Pflanzendichten stellen sich ein und wie sind die Verjüngungspflanzen am Boden verteilt?

Im Herbst 1978 stellten wir je nach Parzelle zwischen 3.000 und 300.000 ein- und zweijährige Verjüngungspflanzen je Hektar fest. Damit konnten von den zu Boden gelangten keimfähigen Samen je nachdem, ob sie unter dichtem Schirm oder unter stark aufgelockerter Überschirmung ankamen, im Durchschnitt 0,5 % bzw. 7 % Fichten, 5 % bzw. 15 % Tannen, 11 % bzw. 4 % Buchen und 25 % bzw. 40 % Ahorn fußfassen. Bemerkenswert ist, daß die Tannenverjüngung deutlich höhere Pflanzenprozentage aufwies als die Fichte, ihr relativ geringes Samenangebot somit ergiebiger war.

Über die Abhängigkeit hoher Keimlings- bzw. Pflanzanzahlen von günstigen Schirmverhältnissen liegt eine Reihe von Ergebnissen vor. PINTARIĆ^y, 1975, fand in gemischten Tannen-Fichten-Buchen-Plenterbeständen im Lehrwald "Igman" bei Sarajevo die meisten Tannenkeimlinge bei 30 bis 60 % Beschirmung (dies entspricht unseren Schirmhiebparzellen, s. Tab. 5), nur auf der Südexposition waren mehr als 60 % Beschirmung günstiger gewesen. Nach MAYER et al., 1972, ergab sich im Urwaldrest Neuwald im stufigen, geschlossenen Tannen-Buchen-Bestand das Verjüngungsoptimum "bei mittleren Schluß- und Belichtungsgraden (75 - 99 %)". Bei der Analyse der Verjüngungssituation im Schutzwaldbereich der Bergregion Miesbach fanden sich nach RAUSCH, 1975, signifikant die höchsten Pflanzenzahlen (mit einer Sproßlänge von 20 - 75 cm) bei über 75 % Beschirmung. Das entspricht dem Zustand unserer Kontrollparzellen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß RAUSCH die Beschirmungsverhältnisse in vier Stufen okular eingeschätzt hat, wobei in der Stufe "über 75 %" eine Obergrenze nicht ausgeschieden war. SCHREMPF, 1978, der die Verjüngungssituation im Fichten-Tannen-Buchen-Urwald Rothwald analysierte, fand die günstigsten Lichtverhältnisse bei Beschirmungsgraden zwischen 0,6 bis 0,7. Darin sah er gleichzeitig das Optimum für das Ankommen der Tanne und ausreichend Licht für den Verbleib von Fichte.

LUFT, 1973, kam aufgrund einer besonders geringen Keimlingsausbeute bei der Tanne zu dem Schluß, daß der Ansamungserfolg weder durch die Feindosierung des Lichtes, noch durch andere ökologische Faktoren beeinflusbar ist, vielmehr die Schaffung eines geeigneten Keimbettes sowie der Charakter der Witterung im Frühsommer und während der ersten Vegetationsperiode entscheidend sind. Eine Reihe weiterer Autoren ist ebenfalls der Ansicht, daß sich die Überschirmung kaum auf die Pflanzendichte auswirkt (PREUHSLER, 1979; METTIN, 1977) oder lichtökologische Extreme die Pflanzendichten nicht entscheidend zu beeinflussen vermögen (NEUMANN, 1978).

Die eigenen Auswertungen haben den Einfluß der Beschirmung auf die Verjüngung deutlich gemacht: Die Zahl der Fichten, die sich auf den locker überschilderten Parzellen eingefunden hat, war stets größer als die unter dem geschlossenen Schild des Altbestandes. Es ergab sich eine straffe Beziehung zwischen dem Anteil der Fichte und dem Anteil des Laubholzes einerseits und dem Beschirmungsgrad andererseits: mit zunehmender Beschirmung nahm der Anteil der Fichte in der Verjüngung ab und entsprechend stieg der Anteil des Laubholzes.

Bei der Tannenverjüngung war dies anders. Sie kam, unabhängig vom Grad der Auflichtung, auf allen Parzellen an. Bemerkenswert ist dabei nicht nur, daß sich junge Tannen überall eingefunden haben, sondern auch deren Verteilung über die Fläche. Sie sind - worauf der Klumpungsindex hinweist - sehr oft zufällig verteilt. Diese Art der Verteilung der Tanne fand auch METTIN, 1977, bei seinen Verjüngungsaufnahmen im Werdenfelser Land. Er stellte weiter fest, daß die Fichten-, Buchen- und Ahornkeimlinge zunächst nur leicht geklumpt vorkommen, mit steigendem Alter die Klumpung jedoch zunimmt. Den eigenen Befunden zufolge sind die jungen Fichten - wie schon die Verbreitung ihrer Samen (VELTSISTAS, 1980) - meist leicht, dagegen das Laubholz, insbesondere die Buche - wohl aufgrund der geringeren Flugfähigkeit ihrer Früchte -, meist stärker geklumpt über die Fläche verteilt. PREUHSLER, 1979, fand unter vergleichbaren Verhältnissen die Verjüngungspflanzen fast durchwegs geklumpt mit dichten Einheiten im Bereich der überschildernden Kronen.

Sieht man einmal von den Buchen ab, bei denen die Verteilung der Verjüngungspflanzen besonders von der Zahl und Verteilung der Samenbäume im Bestand abhing, so war jede der anderen Baumarten mindestens auf jedem zweiten Probekreis mit einer oder auch mehreren Verjüngungspflanzen vertreten. Unterscheidet man nicht nach einzelnen Baumarten, sondern betrachtet die Verjüngung insgesamt, so überrascht doch, daß auf den starken Schirmhiebparzellen 99 % der Probekreise von mindestens einer Pflanze besetzt sind und selbst unter dichtem Schirm nur jeder siebte Probekreis (14 %) keine Verjüngungspflanze aufweist.

Aus diesen Befunden läßt sich nun folgern, daß kleinstandörtliche Bedingungen für das Ankommen der Verjüngungspflanzen kaum von Bedeutung sind, da sich die Verjüngung auf allen unseren Versuchsflächen nach Dichte, Verteilung und Baumartenzusammensetzung als ausreichend erweist.

Dies bedeutet allerdings nicht, daß der Kleinstandort für das Ankommen der einzelnen Verjüngungspflanze nicht eine entscheidende Rolle spielen kann, worauf ja auch in der Literatur häufig hingewiesen wird. Diesem wichtigen Aspekt konnte allerdings in dieser Untersuchung nicht nachgegangen werden, ebenso nicht der Rolle, die die Konkurrenzvegetation für die Entwicklung der Verjüngung spielt. Diese Fragen müssen in einer späteren Untersuchung geklärt werden.

Ein Zusammenhang zwischen Höhenlage und Pflanzendichte, wie ihn PREUHLER, RAUSCH und METTIN im bayerischen Alpenraum vorfanden, ergab sich bei den eigenen Untersuchungen nicht.

5.4 Wie geht die Sproßlängenentwicklung der Verjüngungspflanzen vor sich?

Die Kenntnisse über die Wachstumsreaktion der Verjüngungspflanzen auf unterschiedliche Beschirmung bzw. Beschattungsintensitäten wurden von MITSCHERLICH, 1971, zusammengefaßt. Danach haben sämtliche Baumarten bei vollem Lichtgenuß die höchste Stoffproduktion und reagieren auf Beschattung mit einem mehr oder weniger starken Leistungsabfall, wie ihn BURSCHEL und HUSS, 1964, und BURSCHEL und SCHMALTZ, 1965, für Buche, RÖHRIG, 1967, für Ahorn, HUSS, 1971, und PLATE, 1975, für Fichte sowie MAGNUSSEN, 1980, für Tanne feststellen konnten.

Nach SCHMIDT-VOGT, 1966; RÜHRIG, 1967; HUSS, 1971, 1973, ist die Sproßlänge am Ende des Keimjahres ein nur begrenzt aussagefähiger Parameter, da die Entwicklung in der ersten Phase noch stark von den im Samen gespeicherten Reservestoffen beeinflusst ist. Trotzdem wurden in der vorliegenden Untersuchung Sproßlängen von Keimlingen gemessen, um Ausgangswerte für die folgenden Zuwachsmessungen zu haben (s. Kap. 3.237.3). Eine Auswertung dieser Messungen ergab eine Differenzierung der Sproßlängen, die offensichtlich nicht nur von der Samengröße abhängig, sondern auch von der Überschirmung.

Durch den reduzierten Lichtgenuß auf den Kontrollparzellen (auf denen im Mittel eine relative Beleuchtungsstärke von 6 - 7 % gemessen wurde) werden Fichten-, Buchen- und Ahornkeimlinge zu besonderem Wachstum des Hypokotyls angeregt. Diesen als *Etiollement* bezeichneten Effekt fanden ebenso HEISEKE und PLATE bei Fichte. LUFT hingegen stellte nichts dergleichen in seinen Versuchen (bei relativen Beleuchtungsstärken von 13 - 51 %) fest. Auf allen seinen Parzellen bildeten sämtliche Fichten- und Tannensämlinge Primärtriebe bzw. -nadeln. Daraus folgerte LUFT, daß in den von ihm untersuchten Mischbeständen nicht nur die Lichtverhältnisse, sondern auch die Strahlungsintensität und -dauer für die Weiterentwicklung der Keimlinge ausreichend waren. Dagegen ergab sich in unseren Versuchen für die Fichten- und Ahornkeimlinge bei der Blattbildung im Keimjahr eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Überschirmung. Fichte wie Ahorn wiesen auf der Kahlhiebparzelle zu 80 % bzw. 90 % Sekundärblätter auf gegenüber 17 % bzw. 27 % unter geschlossenem Altholzschirm.

Der Höhenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode gibt die durch die Versuchsanlage geschaffenen unterschiedlichen Entwicklungsbedingungen für die Verjüngung recht gut wieder. Zunächst ist festzustellen, daß in der zweiten Vegetationsperiode ein "Etiollementeffekt" nicht mehr auftritt: entsprechend der zunehmenden Lichtstellung steigt auch der Sproßlängenzuwachs. Die Zuwachswerte der zweijährigen Fichten und Ahorne waren bei vollem Lichtgenuß doppelt so hoch wie jene unter dem vollen Schirm des Altbestandes; die Werte für die starken Schirmhiebparzellen lagen nur geringfügig unter denen für den Kahlschlag. Die Tanne reagierte in ihrem Sproßwachstum lange nicht so deutlich

auf günstigere Lichtverhältnisse. Unter dichtem Schirm war jedoch der Zuwachs sichtlich am geringsten. Für die Entwicklung der Verjüngungspflanzen zeigte sich somit das Licht als entscheidender Faktor.

5.5 Welchen Einfluß haben waldbauliche Maßnahmen auf die Frühphase des Verjüngungsprozesses?

Trotz des dichten Kronenschlusses fanden sich auf allen Versuchspartzen bereits zu Versuchsbeginn zahlreiche Verjüngungspflanzen, und zwar vor allem Ahorne und Tannen. Dort, wo Samenbäume im Altholz vorhanden waren, gilt das auch für Buchen. Die Fichte hält sich dagegen unter einem geschlossenen Bergmischwaldbestand nicht. Auf etlichen Versuchspartzen fanden sich so viele Verjüngungspflanzen, daß sie für eine Erneuerung des Bestandes ausgereicht hätten und auch dort, wo die Pflanzendichten gering und flächige "Fehlstellen" erkennbar waren, hätten die vorhandenen Individuen immerhin das Grundgerüst für eine Verjüngung abgegeben. Die sich daraus entwickelnden Bestände würden allerdings hauptsächlich aus Ahorn, Tanne und Buche bestehen. Wichtig ist danach vor allem der Schluß, daß ältere Bergmischwälder außerordentlich verjüngungsbereit sind. Ganz offenbar erhält sich darin auch unter dichtem Schirm eine beachtliche Zahl von Verjüngungspflanzen schattenfester Baumarten, die bei Entstehung von entsprechenden Umweltbedingungen, z.B. durch Windwurf im Altbestand, in der Lage sind, loszuwachsen. Tritt eine solche Situation nicht ein, so vergehen die Jungpflanzen wieder; es entstehen jedoch laufend neue, die - sich einige Jahre am Boden haltend - sie ersetzen. Samenjahre oder besondere Ereignisse - wie in unserem Fall das Ansteigen der Mäusepopulation - können für einige Jahre die Pflanzendichte heben oder senken. Solange jedoch nicht in den geschlossenen Schirm der Bestände eingegriffen wird, wird sich die Pflanzendichte in etwa wieder einem gewissen "Grundbestand" nähern (Abb. 41). Der Faktor Licht wirkt sich mit der Zeit so auf die jungen Pflanzen aus, daß insbesondere die lichtbedürftigeren Baumarten, wie die Fichten, im geschlossenen Bestand relativ rasch wieder verschwinden. Was bleibt, sind Tannen, Buchen und Ahorne.

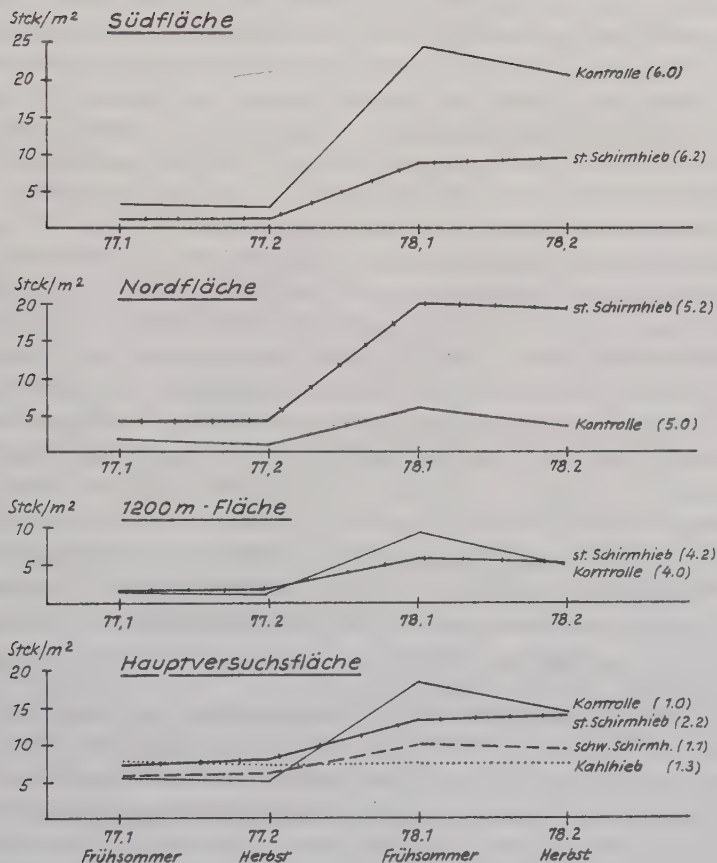


Abb. 41: Entwicklung der Verjüngungsdichte auf den unbearbeiteten Teilparzellen - alle Jahrgänge, alle Baumarten.

Unser Befund bestätigt im übrigen auf eindrucksvolle Weise die Ergebnisse früherer Untersuchungen im Bergmischwald. Fast immer sind bei Erhebungen der Verjüngungsdichten überraschend hohe Werte gefunden worden. Das gilt vor allem für Pflanzen von weniger als 20 cm Höhe, also solche, die beim Begehen eines Bestandes nicht oder nur schwer sichtbar sind, und die erst beim sorgfältigen Absuchen der Bodenoberflächen in Erscheinung treten. Es sei in diesem Zusammenhang auch auf die Publikationen von KORPEL, 1976, der im slowakischen Fichten-Tannen-Urwald Badin arbeitete, sowie FORSTER und SLEIK, 1974, RAUSCH, 1975, METTIN, 1977, und PREUHSLER, 1979, verwiesen, die im bayerischen Alpenraum tätig waren. Die Ergebnisse, die von den genannten Autoren mitgeteilt werden, lassen auch fast immer und selbst in größeren Höhenlagen das Überwiegen von Laubholz - Ahorn (Vogelbeere) vor allem - im Kollektiv der Verjüngungspflanzen erkennen. Auch MAYER, 1963, und ELLENBERG, 1978, weisen auf den hohen Anteil des Laubholzes in der Verjüngung des Bergmischwaldes hin. KAMMERLANDER, 1978, fand ihn ebenso bei seiner Analyse von Plenterwäldern auf Karbonatböden bei Kufstein, SCHREMPF, 1978, und NEUMANN, 1978, berichteten von der Dominanz des Laubholzes in der Verjüngung des Fichten-Tannen-Buchen-Urwaldes Rothwald. Daß der hohe Laubholzanteil in der Jugend in einer späteren Phase wieder zurückgeht, hat MLINSEK, 1967, nachgewiesen. Seinen Untersuchungen zufolge ist die Tanne später durchaus in der Lage, durch ihr Ausharrungsvermögen und Schattenertragnis ein in der ersten Verjüngungsphase geringen Baumartenanteil zu verbessern.

Mit seinen Hiebsmaßnahmen greift der Waldbauer in den permanenten Prozeß des Ankommens und Vergehens von Verjüngungspflanzen ein. Durch Auflichtung wird das Licht- und Wärmeangebot im Bestand erhöht. Außerdem gelangt mehr Feuchtigkeit auf den Boden (HUNZIKER, 1956; BRECHTEL, 1962). Die Folge davon ist, daß unter dem aufgelockerten Schirm mehr Keimlinge Fußfassen können und auch weniger ältere Verjüngungspflanzen ausfallen, d.h. die Pflanzendichte steigt. Es konnte der Beweis erbracht werden, daß Eingriffe in den Altbestand sich besonders günstig für die lichtabhängige Fichte auswirken, wohingegen sich die mehr Schatten ertragenden Tannen- und Ahornpflanzen zunächst in ihrer Reaktion indifferent zeigen. Das bedeutet, daß nach Auflichtung bei entsprechendem Samenangebot der Nadelholzanteil, insbesondere der Anteil der Fichte in der Verjüngung steigt.

Im wesentlichen vom Licht bestimmt wird aber auch die weitere Entwicklung der Pflanzen. Der Sproßlängenzuwachs der mehrjährigen Verjüngungspflanzen lag unter dichtem Schirm - bei allen Baumarten gleich - etwa um 1 cm. Bereits im zweiten Jahr nach der Räumung des Altbestands stieg der Zuwachs auf dem Kahlschlag auf das drei- (Tanne) bzw. achtfache (Ahorn) der Werte auf den Kontrollparzellen. Auf die Entnahme nur eines Teils des Schirmes reagierten die Verjüngungspflanzen in ihrem Höhenzuwachs zwar ebenso positiv, allerdings noch sichtlich zurückhaltend (s. Tab. 11a in Kap. 3.222.2).

Der Gedanke, durch Bodenverwundung bzw. Bodenbearbeitung das Keimergebnis zu erhöhen, ist schon sehr alt. In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Hinweisen und Untersuchungen, die von mehr oder weniger guten Erfolgen mit der Bodenbearbeitung berichten. Die Art der Behandlung, die dabei im Hinblick auf das zu erzielende Keimergebnis empfohlen wird, variiert naturgemäß bei der Verschiedenheit der standörtlichen Verhältnisse (z.B. Substrat, Humusauflage, Überschildung) sehr stark. So konnte z.B. WEBER, 1967, die Keimung der Tanne durch Entfernen der Streu und Auflockern des Oberbodens erheblich fördern. HEISEKE, 1969, hatte nur mit Einharken der Fichtensamen in den Mineralboden positive Erfahrungen. PLATE, 1975, der in den Jahren danach in den gleichen Beständen die Keimung natürlich ausgeflogener sowie gesäter Samen beobachtete, fand, daß durch Bedecken der Samen mit Mineralboden oder durch flaches Einarbeiten in die Nadelstreu des Auflagehumus das Keimlingsprozent deutlich erhöht werden kann. BURSCHEL, HUSS und KALBHENN, 1964, zufolge nehmen mit der Intensität der Bodenbearbeitung die Ausfälle an Bucheckern während der Lagerung zu und somit das Keimergebnis ab; das beste Ergebnis erzielten sie in Fällen, in denen die Eckern auf den freigelegten Mineralboden gefallen und dann mit Mineralboden bedeckt worden waren.

Bei unseren Versuchen bewirkte die Durchmischung der Humusauflage mit dem Mineralboden allein für Fichte auf den so bearbeiteten Teilparzellen eine höhere Keimlingsausbeute als sie sich unter ansonst gleichen Voraussetzungen auf der natürlich belassenen Bodenoberfläche einstellte. Die Keimlingsausbeute aller anderen Baumarten dagegen konnte durch die Bodenbearbeitung nicht verbessert werden, was den Erfahrungen von LUFT, 1973, entspricht.

Da auch das Wachstum der Verjüngungspflanzen durch Bodenbearbeitung nicht zu beeinflussen war - ein Ergebnis, zu dem auch BURSCHEL et al., 1964, für Buche kamen - bleibt nur der Schluß, daß der Bodenzustand auf unseren Versuchsparzellen für das Ankommen und die weitere Entwicklung günstig ist und lediglich der Keimerfolg der Fichte in bemessenem Umfang gesteigert werden könnte. Einer derartigen Hilfe bedarf es jedoch nicht, da die Fichte auch ohne die Bodenbearbeitung in ausreichendem Maße ankam.

Im Gegensatz zur Bodenbearbeitung beeinflussten die Lichtverhältnisse - wie wir gesehen haben - den Verjüngungserfolg und das Wachstum der jungen Pflanzen entscheidend.

Ziel des waldbaulichen Handelns im Bergmischwald muß es also sein, die Lichtverhältnisse so zu steuern, daß einerseits der Fundus an gemischten, permanent vorhandenen Verjüngungspflanzen erhalten und andererseits der Stärke- und Wertzuwachs des Altbestandes bestmöglich ausgenutzt wird, um im geeigneten Moment den Verjüngungspflanzen durch Licht- und Wärmezufuhr die Möglichkeit zu geben, sich rasch zu entwickeln. Ein geeignetes waldbauliches Vorgehen kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorgeschlagen werden. Allerdings ist es bereits jetzt möglich, folgende Aussagen zu machen:

- Durch Schirmhieb kann sich die vorhandene Verjüngung kräftigen, sämtliche Baumarten samen sich weiterhin an, wobei sich lichtbedürftigere Baumarten, wie z.B. die Fichte, zunehmend mit dem Grad der Auflichtung beteiligen.
- Nach Kahlhieb sind zunächst höhere Ausfälle zu erwarten sowie eine stürmische Entwicklung der Konkurrenzvegetation. Nach ein bis zwei Jahren Umstellung wachsen die verbliebenen Verjüngungspflanzen unter vollem Lichtgenuß rasch in die Höhe. Neu ansamen können sich nurmehr Baumarten mit Samen, die günstige Flugeigenschaften aufweisen, wie z.B. die Fichte.

Insgesamt kann festgehalten werden, daß der Bergmischwald durch das ständige Kommen und trotz des ständigen Gehens an Verjüngungspflanzen permanent verjüngungsbereit ist. Nach zwei Beobachtungsjahren bildete sich bisher noch kein Störfaktor heraus, der auf Dauer eine natürliche Verjüngung sämtlicher beteiligter Baumarten im Bergmischwald verhindern könnte. Es muß allerdings damit gerechnet werden, daß, wie im Flachland, auch im Bergmischwald ein geringes Samenangebot durch Schädlinge, wie z.B. Mäuse, nahezu vollständig vernichtet wird.

6. GESAMTZUSAMMENFASSUNG

In einem interdisziplinär ausgerichteten Forschungsvorhaben, das die Erhaltung und Wiederausbreitung des Fichten-Tannen-Buchenwaldes in seinem natürlichen Verbreitungsgebiet zum Ziel hat, werden seit 1976 vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München die Zusammenhänge erforscht, die die Verjüngungsabläufe in Bergmischwäldern bestimmen. Zu diesem Zweck wurden in den ostbayerischen Alpen auf kalkalpinen Standorten des Forstamtes Ruhpolding insgesamt 21 Versuchsparzellen in geschlossenen Altbeständen des Bergmischwaldes eingerichtet. 16 dieser Versuchsparzellen bilden die Grundlage der vorliegenden Arbeit, die sich mit einem Teilaspekt des Untersuchungsprogramms, mit dem Ankommen der Verjüngung, befaßt.

Für die Verjüngung unterschiedliche Ausgangslagen wurden durch Verteilung der Versuchsparzellen auf verschiedene Höhenlagen und Expositionen berücksichtigt sowie durch folgende waldbauliche Eingriffe in geschlossene Altbestände geschaffen:

- Kontrolle : ohne Eingriff (6 Parzellen)
- schwacher Schirmhieb: Entnahme von etwa 30 % der Grundfläche (2 Parzellen)
- starker Schirmhieb : Entnahme von etwa 50 % der Grundfläche (6 Parzellen)
- Kahlhieb : Räumung des Altbestandes (2 Parzellen)

Die Parzellen sind jeweils ca. 0,5 ha groß. Sie bestehen aus einer 33 x 33 m großen Kernfläche und aus einem Umfassungsstreifen, der Randeinflüsse ausschließen soll. Auf einem 726 m² großen Teil der

Kernflächen wurden jeweils 96 1 m² große Probekreise systematisch verteilt und dauerhaft markiert. 64 der Probekreise befinden sich innerhalb eines wilddichten Zaunes, wobei auf 32 eine Bodenbearbeitung stattfand (Durchmischung von Mineralboden und Auflagehumus). Die anderen 32 Probekreise im Zaun blieben unbearbeitet, ebenso die restlichen 32 Probekreise außerhalb des Zaunes.

Die Witterung im Untersuchungsgebiet sowie die mikroklimatischen Bedingungen auf einzelnen Versuchsparzellen wurden für den zweijährigen Beobachtungszeitraum einleitend dargelegt. Eine genaue Erfassung derjenigen Oberflächenteile auf den Probekreisen, die ein Ankommen von Verjüngungspflanzen von vornherein nicht zulassen, ergab, daß nur zwischen 2 % und 9 % der gesamten Bodenoberfläche dieser Bestände nicht "besiedelbar" sind.

Die zu Versuchsbeginn bereits vorhandenen sowie die aus den Samen der Masten 1976 (Fichte, Tanne, Ahorn) und 1977 (Fichte, Buche, Ahorn) gekeimten Verjüngungspflanzen wurden erfaßt, markiert und deren Entwicklung in regelmäßigen Intervallen verfolgt, wobei die Zahl der keimfähigen Samen je Parzelle bekannt war (VELTSISTAS, 1980).

Der Keimerfolg und Keimverlauf, die Schäden an jungen Pflanzen und deren Ursachen, die Dichte und Verteilung der Verjüngungspflanzen sowie deren Wachstum wurden eingehend besprochen. Die Ergebnisse sind am Ende der jeweiligen Abschnitte zusammengefaßt (Kap. 3.223 und Kap. 3.238).

In einem gesonderten Schadensversuch wurde dem Einfluß der biotischen Schadfaktoren Vögel, Mäuse, Schnecken, Insekten und Pilze auf Buchen- und Ahornkeimlinge, Fichten- und Tannensamen sowie auf Buchen- und Ahornfrüchte nachgegangen. Die Ergebnisse sind am Ende des Abschnitts (Kap. 4.34) zusammengefaßt.

Die Untersuchungen führten zu folgenden Erkenntnissen:

1. Unter dem geschlossenen Schirm der Altbestände findet sich eine überraschend hohe Dichte an mehrjährigen Verjüngungspflanzen, vorwiegend junge Ahorne und Tannen. Aber auch junge Buchen kommen

vor, sobald entsprechende Samenbäume im Altbestand vertreten sind. Die Ausfälle an Verjüngungspflanzen, die meist schon kurz nach dem Eingriff auftraten, lagen bei etwa 10 %, lediglich auf dem Kahlschlag mußte ein höherer Verlust an Tanne verzeichnet werden. Auf die günstigeren Lichtverhältnisse reagierten die Verjüngungspflanzen bereits im zweiten Jahr mit einem verstärkten Höhenzuwachs.

2. Hinsichtlich des Keimverhaltens ist zwischen den früh keimenden Tannen, Buchen und Ahornen und den spät keimenden Fichten zu unterscheiden. Die Samen bzw. Früchte der "Frühkeimer" laufen unmittelbar nach Schneeabgang auf, wobei der Keimprozeß vor allem durch die Temperaturverhältnisse gesteuert wird. Die Fichtensamen keimen dagegen erst Anfang Juni; für ihre Keimung ist insbesondere die Feuchtigkeit ein wesentlicher Faktor.

3. Die Keimlingsausbeute war für die einzelnen Baumarten sehr unterschiedlich. Die geringste Ausbeute brachte trotz eines relativ hohen Samenangebots die Fichte. Das Keimlingsprozent lag auf den meisten Parzellen unter 10 %. Dagegen ergaben sich für die Tanne Werte von meist über 14 %. Die Keimlingsausbeute der Laubbaumarten, insbesondere die des Ahorn, war wesentlich höher.

Die Überschirmung hatte auf den Keimerfolg keinen signifikanten Einfluß. Bodenbearbeitung führte zu einer statistisch gesicherten Verbesserung des Keimergebnisses der Fichte; die Zahl der Keimlinge anderer Baumarten ließ sich durch sie jedoch nicht erhöhen.

4. Die Verluste an Verjüngungspflanzen sind z.T. sehr hoch. Der überwiegende Teil dieser Verluste ereignete sich in der Zeit zwischen der Keimung und dem Verholzen des Hypokotyls. Das gilt für alle Baumarten. Winterverluste sowie Verluste in der zweiten Vegetationsperiode traten nur mehr in begrenztem Umfang auf. Von den jungen Fichten fielen im Beobachtungszeitraum zwischen 14 % und 91 % aus. Ein enger Zusammenhang zwischen Überschirmung und Ausfallhöhe konnte nachgewiesen werden. Die Verluste an Tanne lagen

gegenüber Fichte insgesamt gesehen deutlich niedriger, es fielen im Höchstfall 57 % aus. Die Ausfälle an Buchenkeimlingen hingen von der Erziehbigkeit des Bucheckernaufschlags ab; sie waren auf den Schirmhiebparzellen besonders hoch. An Ahornkeimlingen gingen 25 - 78 % wieder verloren.

5. Es trat eine Reihe verschiedener Schadfaktoren in Erscheinung. In der Hauptsache werden die Verluste durch tierische Schädlinge verursacht. Es konnte gezeigt werden, daß allen voran Mäuse durch Fraß von Samen bzw. Früchten und Keimlingen das Ankommen von Verjüngung entscheidend beeinflussen können.

Fraßschäden durch Vögel und Insekten blieben unbedeutend.

Dagegen hat offensichtlich Schneckenfraß auf Buchen- und Fichtenkeimlinge einen größeren Einfluß. Der Schadversuch erbrachte den Nachweis, daß in den vor Schnecken geschützten Parzellen 16 % mehr Buchenkeimlinge und sogar 28 % mehr Fichtenkeimlinge überleben konnten.

Pilzschäden wurden an Verjüngungspflanzen aller Baumarten festgestellt. Es muß jedoch angenommen werden, daß es sich dabei meist um Pilzinfektionen bereits geschädigter Individuen handelte, da durch Fungizide nur bei Buche etwa 20 % mehr Keimlinge am Leben erhalten werden konnten. Für Fichte und Ahorn war die Überlebensrate nicht zu erhöhen.

Abiotische Schadfaktoren waren insgesamt gesehen wenig bedeutsam. Lediglich an Fichtenpflanzen verursachten sie etwa 20 % der Ausfälle.

6. Im Herbst 1978 waren auf den Versuchspartzellen 0,1 - 7,3 St./m² ein- und zweijährige Fichten, 0,1 - 2,2 St./m² zweijährige Tannen, 0 - 17 St./m² junge Buchen und 0,1 - 12,2 St./m² junge Ahorne zu finden. Für Fichte ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Überschildung und der Dichte der Verjüngungspflanzen, nicht jedoch für Ahorn und Tanne.

Das Verhältnis Anteil Fichte zu Anteil Laubholz an der Verjüngung wird von der Überschirmung bestimmt: Je dichter der Schirm, desto höher ist der Laubholzanteil und desto niedriger der Anteil der Fichte in der Verjüngung. Die Abhängigkeit der Fichte von ausreichend günstigen Lichtverhältnissen kommt auch in der Verteilung der Pflanzen zum Ausdruck: unter dichtem Schirm waren knapp 60 % der Probekreise ohne eine junge Fichte, unter aufgelockertem Schirm dagegen nur 13 %.

Bei den übrigen Baumarten konnte keine so starke Differenzierung nach der Überschirmung festgestellt werden. Alle Verjüngungspflanzen zusammengenommen, waren unter aufgelockertem Schirm 99 % der Probekreise mit mindestens einer Verjüngungspflanze besetzt.

7. Der Einfluß der Beschirmung auf die Qualität der Verjüngungspflanzen konnte nachgewiesen werden. Auf den dicht überschirmten Kontrollparzellen veranlaßte Lichtmangel Fichten-, Ahorn- und Buchenkeimlinge zu einem höheren Sproßlängenwachstum als bei vollem Lichtgenuß (Etiollementeffekt).

Der Sproßlängenzuwachs in der zweiten Vegetationsperiode lag für Fichte unter dichtem Schirm selten über 1 cm, unter lockerem Schirm dagegen zwischen 1,5 und 2 cm. Für Tanne war er auf den Kontrollparzellen ebenfalls 1 cm, auf dem Kahlschlag dagegen betrug der Zuwachs 1,8 cm. Am deutlichsten reagierte der Ahorn; er erreichte oft mehr als doppelt so hohe Zuwachswerte auf dem Kahlschlag wie unter dichtem Schirm.

Bodenbearbeitung wirkte sich bei keiner Baumart fördernd auf das Sproßlängenwachstum aus.

8. Ein Einfluß von Schalenwild und Weidevieh auf die Verjüngungspflanzen konnte bisher nicht festgestellt werden.

7. LITERATUR

- AMANN, G. (1965): Die Kerfe des Waldes. Melsungen: Neumann-Neudamm. 284 S.
- AUER, C. (1947): Ergebnisse eines Keimversuchs mit Lärchensamen auf verschiedenen Böden unter wechselnden Belichtungs- und Feuchtigkeitsverhältnissen. Jb.Naturf.Ges. Graubündens, 81, 33-58.
- AULITZKY, H. (1961): Die Bodentemperaturen in der Kampfzone oberhalb der Waldgrenze und im subalpinen Zirben-Lärchenwald. Mitt.d.forstl. Bundes-Vers.Anst. Mariabrunn, 59, 153-208.
- AULITZKY, H. (1963): Bioklima und Hochlagenaufforstung in der subalpinen Stufe der Inneralpen. Schweiz.Zeitschr.f.Forstwesen, 114, 1-25.
- BÄUMLER, W. (1980): mündliche Mitteilung.
- BÄUMLER, W.; HOHENADL, W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstwiss. Centralbl., 99, 207-221.
- BAYER. (Kgl.) MINISTERIAL-FORSTBUREAU (1861): Forstverwaltung Bayerns. 531 S.
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit, Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 83 S.
- BRECHTEL, H. (1962): Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einzelner Waldbestände. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württemberg, 14, 94 S.
- BÜLOW, G.v. (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. Staatsforstverw. Bay., 33, 316 S.
- BURSCHER, P.; VITĚ, J.P. (1951): Neue Beobachtungen über die Buchenblattlaus. Forstwiss. Centralbl. 70, 181-85.
- BURSCHER, P. (1975): Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. Allgem. Forstz. 30, 214-221.
- BURSCHER, P. (1977): Wald und Wild aus der Sicht des Waldbaus. Dt.Rat für Landespflge, 27, 433-440.
- BURSCHER, P.; HUSS, J. u. KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 34, 186 S.
- BURSCHER, P. und HUSS, H. (1964): Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung. Arch. Forstw., 11, 225-233.

- BURSCHEL, P. und SCHMALTZ, J. (1965): Untersuchungen über die Bedeutung von Unkraut und Altholzkonkurrenz für junge Buchen. Forstwiss. Centralbl., 84, 230-243.
- BURSCHEL, P. und SCHMALTZ, J. (1965): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. Allgem. Forstz., 136, 193-210.
- BURSCHEL, P.; LÖW, H.; METTIN, Ch. (1977): Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfelser Landes. Forschungsber. der FFA München, 37, 193 S.
- COX, F. (1971): Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandmessungen. Mitt. Bundesforsch. Forst-Holzwirt., 87, 182 S.
- DIXON, W.J. (1976): Biomedical Computer Programs. Univ. of California, 791 S.
- DONAUBAUER, E. (1963): Über die Schneeschütte-Krankheit (*Phacidium infestans* Karst.) der Zirbe (*Pinus cembra* L.) und einige Begleitbaumarten. Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn, 60, 577-598.
- EBER, W. (1972): Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluß auf die Bodenvegetation. Scripta Geobotanica, 3, 150 S.
- ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer, 981 S.
- ENGLER, J.M. et al. (1978): Influence of birds and small rodents on beech units disappearing during winter. IUFRO-Exposes Div. 1. 51.05-00, Nancy-Champenoux, S. 77.
- FABRICIUS, L. (1927): Der Einfluß des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. Forstwiss. Centralbl., 49, 329-345.
- FABRICIUS, L. (1929): Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmbestandes auf den Jungwuchs. Forstwiss. Centralbl., 51, 477-506.
- FABRICIUS, L. (1935): Was entscheidet über Ankommen und Fußfassen der natürlichen Verjüngung unter Schirm? Forstwiss. Centralbl., 57, 11-17.
- FAUST, H. (1963): Waldbauliche Untersuchungen am Bergahorn im mitteldeutschen Muschelkalkgebiet, im hessischen Basaltbergland und in den süddeutschen Rheinauen. Diss. Univ. Hann. Münden, 146 S.
- FELDNER, R. (1978): Waldgesellschaften, Wald- und Forstgeschichte. Schlußfolgerungen für die waldbauliche Planung im Naturschutzgebiet Ammergauer Berge. Diss. Univ. Wien, 369 S.

- FEULNER, T. (1979): Der Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit, Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 59 S.
- FISCHBACHER, G. (1956): Über das Waldweideproblem und die Bergbauernfrage. Bayer. Landwirtsch. Jahrb., 33, 114 S.
- FORSTER, H. und SLEIK, H. (1974): Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung des Einflusses von Wildverbiß auf die qualitative und quantitative Entwicklung von Naturverjüngungen im oberbayerischen Alpenraum. Diplomarbeit Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 104 S.
- FRANZ, F. (1973): Ergebnisse der bayerischen Waldinventur 1970/71 - Folgerungen für die Forst- und Holzwirtschaft. Forschungsber. der FFA München, 16, 1-25.
- FRANZ, F. (1979): Mündliche Mitteilung.
- GASPERŠIČ, F. (1974): Gesetzmäßigkeiten der Naturverjüngung in Fichten-Tannen-Buchenwäldern des hohen Karstes im Bergmassiv von Sueznik-Javornic. Diss. Univ. Ljubljana.
- GRIMM, H. (1960): Transformation von Zufallsvariablen. Biometr. Zeitschr. 2, 164-182.
- HEISEKE, D. (1969): Untersuchungen über Samenproduktion und Samenflug, Keimung und Keimlingsentwicklung bei der Fichte. Diss. Univ. Hann. Münden, 158 S.
- HILLGARTER, F.W. (1971): Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald. Scatlê/Brigels, Diss. Nr. 4619, ETH Zürich, 80 S.
- HUNZIKER, T. (1956): Ökologische Untersuchungen über die natürliche Föhrenverjüngung im nordost-schweizerischen Mittelland. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw., 32, 83-146.
- HUSS, J. (1971): Untersuchungen über die Wirkung von Beschattung und Düngung auf das Wachstum junger Fichten. Habil. Univ. Göttingen, 251 S.
- HUSS, J. (1973): Fortschritte im Waldbau mit Hilfe von Versuchen. Allg. Forstz., 28, 474-477.
- JOBST, E. (1962): Über die Beziehungen zwischen Land- und Forstwirtschaft im oberbayerischen Bergbauerngebiet. Mitt. Staatsforstverw. Bay., 32, 165 S.
- KAMMERLANDER, H. (1978): Aufbau, Verjüngung und Verbißgefährdung der Plenterwälder im Raum Kufstein/Tirol. Schweiz. Z. Forstw., 9, 711-726.

- KOCH, H. (1968): Naturverjüngung im Alpenvorland. Diss. Univ. München, 212 S.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1936): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebr. Bornträger.
- KORPEL, S. (1976): Der Urwald von Badin. IUFRO Oslo, Div. I - Ecosystems. Mayer, H., Hrsg., Wien.
- KRAL, F.; MAYER, H. (1968): Pollenanalytische Überprüfung des Urwaldcharakters in den Naturwaldreservaten Rothwald und Neuwald (niederösterreichische Kalkalpen): Forstwiss. Centralbl., 87, 150-175.
- KREEB, K. (1977): Methode der Pflanzenökologie. Stuttgart: Gustav Fischer.
- KUOCH, R. (1965): Der Samenfall 1962/63 an der oberen Fichtenwaldgrenze im Sertigtal. Mittl. Schweiz.Anst.Forstl.Versuchsw., 41, 61-85.
- LAAR, A. van (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Teil I und II, Forschungsber. der FFA München, 44/I+II, 702 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1959): Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Z. Forstw., 110, 111-124.
- LEIBUNDGUT, H. (1973): Wald und Wild. Seminar des Intern. Verbandes Forstl. Forschungsanstalten vom 28.8. bis 2.9.1972 an der ETH Zürich, Beiheft zu Schweiz. Z. Forstw.,
- LINERT, G.A. (1973): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Bd. I, Meisenheim am Glan, 736 S.
- LINDER, A. (1960): Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Basel + Stuttgart: Birkhäuser, 484 S.
- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K.E. (1973): Forest Inventory, Vol. II. Collection of data in the field and related sources of bias, fundamentals of EDP and methodical components for inventory planning. München, Bern, Wien, 469 S.
- LÖW, H. (1975): Zustand und Entwicklungsdynamik der Hochlagenwälder des Werdenfelser Landes. Diss. Univ. München, 200 S.
- LÜPKE, B.v. (1967): Untersuchung über die natürliche Verjüngung der europäischen Lärche im südlichen Niedersachsen. Diss. Univ. Göttingen, 112 S.
- LUFT, W. (1973): Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Femelschlagverjüngung im montanen Tannen-Buchenwald des westlichen Hochschwarzwaldes. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württemberg, 39, 111 S.

- MAGIN, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitt. Staatsforstverw. Bay., 30, 1-162.
- MAGNUSSEN, S. (1980): Wachstumsreaktion junger Weiß- und Küstentannen verschiedener Herkunft auf Beschattung. Diss. Univ. Göttingen, 153 S.
- MAYER, H. (1960): Bodenvegetation und Naturverjüngung von Tanne und Fichte in einem Allgäuer Plenterbestand. Bericht d. geobotan. Inst.d. ETH Zürich.
- MAYER, H. (1963): Bodendecke und Naturverjüngung. Centralbl. Ges. Forstwesen, 80, 1-20.
- MAYER, H. (1972): Möglichkeiten und Grenzen der Schalenwildhege im Gebirgswald. Allgem.Forstz., 47, 929-930.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Ökol.d.Wälder u. Landschaften, 3. Stuttgart: Gustav Fischer, 344 S.
- MAYER, H. (1975): Notwendige Maßnahmen zur Lösung der Wildfrage im Schutzwaldbereich. Allg. Forstz. 30, 51-53.
- MAYER, H. (1976): Gebirgswaldbau - Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart, 435 S.
- MAYER, H. (1977): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Stuttgart, New York, 482 S.
- MAYER, H.; HOFMANN, A. (1969): Tannenreiche Wälder am Südabfall der mittleren Ostalpen. München, Basel, Wien.
- MAYER, H.; SCHENKER, S.; ZUKRIGL, K. (1972): Der Urwaldrest Neuwald beim Lahnsattel. Centralbl. Ges. Forstw., 89, 147-190.
- MAYER, He. (1978): Mikroklimatische Verhältnisse im Bergmischwald bei verschiedenen Schlagverfahren. Schweiz. Meteor. Zentralanstalt, 40, 113-116.
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch.Met.Geoph.Biokl., Ser.B, 27, 247-262.
- MAYER, He. (1980): Schnee im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Proc. 16. Internationaler Kongreß über alpine Meteorologie, Aix-les-Bains, 249-254.
- MAYER, He. (1981): Globalstrahlung im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 29, 283-292.

- MEISTER, G. (1969): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstwiss. Centralbl., 88, 97-130.
- MEISTER, G. (1969): Überlegungen zur künftigen Betriebsgestaltung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstwiss. Centralbl., 88, 202-230.
- MEISTER, G. (1972): Wald, Wild, Almwirtschaft in Oberbayern. Allgem. Forstz. 27, 239-241.
- METEOROLOGISCHES INSTITUT d. BAYER. FORSTL. FORSCHUNGSANSTALT (1960): Anleitung zu phänologischen Beobachtungen im Fichtelgebirge im Frühjahr und Herbst, München.
- METTIN, Ch. (1977): Zustand und Dynamik der Verjüngung der Hochlagenwälder im Werdenfelser Land. Diss. Univ. München, 161 S.
- MITSCHERLICH, G. (1971): Waldklima und Wasserhaushalt. Wald, Wachstum und Umwelt, Bd. II, Frankfurt a.M., 365 S.
- MITSCHERLICH, G.; KÜNSTLE, E.; LANG, W. (1967): Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestande. Allgem. Forstz., 138, 213-223.
- MLINSEK, D. (1967): Verjüngung und Entwicklung der Dickungen im Tannen-Buchen-Urwald "Rog" (Slowenien). Referate d. XIV IUFRO-Kongresses in München, Bd. IV, Sektion 23, 436-447.
- MOSER, O. (1965): Untersuchungen über die Abhängigkeit der natürlichen Verjüngung der Fichte vom Standort. Centralbl. Ges. Forstw. 82, 18-55.
- MÜLLER-USING, B. (1973): Untersuchungen über die Verjüngung von Nothofagus alpina (POEPP. et ENDL.) OERST. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in der chilenischen Anden- und Küstenkordillere. Diss. Univ. München, 229 S.
- NATHER, H. (1961): Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Morphologie von Koniferensämlingen. Ber. Int. Forstl. Forsch. Anst., 13. Kongreß, Wien, 5-23.
- NEUMANN, M. (1978): Waldbauliche Untersuchungen im Urwald Rothwald/Niederösterreich und im Urwald Corkova Uvala/Kroatien. Inst. f. Waldbau der Univ. f. Bodenkultur, Wien, 142 S.
- PINTARIC, K. (1970): Einfluß des Beschirmungsgrades und der Bodenbearbeitung auf die natürliche Verjüngung der Tanne in gemischten Tannen-Fichten- und Buchen-Plenterbeständen im Lehrwald "Jgman" bei Sarajevo. Arb. d. forstl. Fak. u. Inst. f. Forstwesen, Deutsche Zusammenfassung.
- PLATE, G. (1975): Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. Diss. Univ. München, 200 S.

- POCHMANN, R. (1961): 150 Jahre Waldbau im Staatswaldgebiet zwischen Osser und Dreisessel. Forstwiss. Forschungen, 13, 130 S.
- POCHMANN, R. (1969): Die Waldweide im oberbayerischen Bergbauerngebiet: Lehren der Geschichte - Probleme der Zukunft. Der Almbauer, 21, Heft 11 + 12, 163-173 und 193-198.
- PREUHSLER, T. (1979): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forschungsber. der FFA München, 45, 372 S.
- PRIHODA, A. (1978): Beschädigung von Buchensetzlingen durch die Buchenblattlaus (Phyllaphis fagi L.) und nachfolgende Pilzansteckungen. Lesnictvi, 24, 619-626.
- RAUSCH, V. (1975): Untersuchungen der Verjüngungssituation in den bayerischen Alpen. Dargestellt am Beispiel der Schutzwälder in der Bergregion des Landkreises Miesbach. Diss. Univ. München, 151 S.
- RÖHRIG, E. (1967): Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Allgem. Forstz., 138, 224-239.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Hamburg/Berlin: Paul Parey. 273 S.
- SACHS, L. (1970): Statistische Methoden: Ein Soforthelfer. Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 103 S.
- SACHS, L. (1974): Angewandte Statistik. Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 545 S.
- SAUBERER, F.; HÄRTEL, O. (1959): Pflanze und Strahlung. Leipzig: Akadem. Verlagsges. Geest und Porting K.G.
- SCHAUER, Th. (1973): Wieviel Äsung braucht das Wild? Die Pirsch, 25, 349-354.
- SCHAUER, Th. (1975): Zum Problem der Schalenwildichte und der Äsungskapazität. Interpraevent 1975, 1, Innsbruck. 473-481.
- SCHAUER, Th. (1976): Einfluß des Schalenwildes auf den Gebirgswald und seine Bodenvegetation. Jahrb.Ver.z.Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere, 41, 145-158.
- SCHMIDT-VOGT, H. (Ed.) (1964): Die Zapfen- und Samenreifung im Hochgebirge. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. München: BLV, 168-177.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1966): Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. München-Basel-Wien: BLV.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1972): Untersuchungen zur Bedeutung des Lichtfaktors bei Femelschlagverjüngung von Tanne-Buchen-Fichten-Wäldern im westlichen Hochschwarzwald. Forstwiss. Centralbl., 91, 238-247.

- SCHÖNBORN, A. von (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. München: BLV, 158 S.
- SCHÖNENBERGER, W. (1978): Ökologie der natürlichen Verjüngung von Fichte und Bergföhre in den Lawinenzügen der nördlichen Voralpen. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., 54, 217-360.
- SCHREMPF, W. (1978): Analyse der Verjüngung im Fichten-Tannen-Buchen-Urwald Rothwald in Niederösterreich. Centralbl. Ges. Forstwesen, 95, 217-245.
- SCHREYER, G.; RAUSCH, V. (1976): Der Schutzwald in der Bergregion Miesbach. Hektographierter Arbeitsbericht Bayer. Staatsforstverwaltung, 214 S.
- SCHWERDTFEGER, F. (1970): Waldkrankheiten. Hamburg: Paul Parey, 509 S.
- STÖLP, W. (1978): Das Vorkommen von Mäusen in einem Bergmischwald und deren Einfluß auf die Verjüngung der Hauptholzarten. Diplomarbeit, Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 73 S.
- TURCEK, F. (1967): Ökologische Beziehungen der Säugetiere und Gehölze. Vydavatelstvo Slovensky akademik vied., Bratislava, 210 S.
- TURNER, H. (1958): Maximaltemperaturen oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. Wetter und Leben, 10, 1-12.
- TURNER, H. (1966): Die globale Hangbestrahlung als Standortfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., 42, 109-168.
- TURNER, H.; ROCHAT, P. und STREULE, A. (1975): Thermische Charakteristik von Hauptstandorttypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., 51, 1, S. 95-119.
- VELTSISTAS, T. (1980): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Die Fruktifikation in den Jahren 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding. Unveröff. Diss. Univ. München, 130 S.
- VOGEL, F. (1961): In: Erläuterungen zur Bodenkundlichen Übersichtskarte von Bayern (1 : 500 000). Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt München, 133-137.
- VYSKOT, M. (1968): Die Waldreservation Boubin in Sumava. Lesniky casopis, 2, Praha.
- WEBER, E. (1967): Versuche zur Naturverjüngung der Weißtanne (Abies alba Mill.) im Bereich der Oberforstdirektion Regensburg. Forstwiss. Centralbl., 86, 221-138.
- WEBER, E. (1972): Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart: Gustav Fischer, 706 S.

ZUKRIGL, K.; ECKHART, G.; NATHER, J. (1963): Standortskundliche und waldbauliche Untersuchungen in Urwaldresten der niederösterreichischen Kalkalpen. Mitt.d.Forstl.BVA Wien, 62, 244 S.

ZWIRGELMEIER, G. (1977): Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Diplomarbeit, Forstwiss. Fakultät der Univ. München, 113 S.

K a r t e n

BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT (1955): Bodenkundliche Übersichtskarte von Bayern. 1 : 500 000, München.

BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT (1964): Geologische Karte von Bayern. 1 : 500 000, 2. Auflage, München.

BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT (1970): Geologische Karte von Bayern. 1 : 25 000, Blatt Nr. 8241 (Ruhpolding)

BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT (1973): Geologische Karte von Bayern, 1 : 25 000, Blatt Nr. 8242 (Inzell).

FOERST, K.; KREUTZER, K. (1977): Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns - nach Hauptbaumarten. 1 : 1 000 000. Hrsg. Bayer. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

KREUTZER, K.; FOERST, K. (1977): Forstliche Wuchsgebietsgliederung Bayerns. 1 : 1 000 000. Hrsg. Bayer. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten.

SEIBERT, P. (1965/66): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern. 1 : 500 000. Potentielle natürliche Vegetation, Bad Godesberg.

A N H A N G

- I. Klimadaten.
- II. Dichtewerte der Verjüngung (nicht mit der tatsächlich besiedelbaren Fläche korrigiert).
- III. Statistische Auswertung der auf Spaltflächenversuchsanlagen sowie im Blockversuch gewonnenen Daten.
- IV. Ergebnis des Mediantests zur Überprüfung unterschiedlicher Pflanzendichten.

A N H A N G I

K l i m a d a t e n

Monat	1976	1977	1978	1979
Januar	zu warm, arm an Sonnenschein, überdurchschnittliche Niederschlagsmenge	zu mild, arm an Sonnenschein, etwas unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, arm an Sonnenschein und zum Teil erheblich zu trocken	bei überwiegend unternormalem Sonnenschein zu kalt und zu trocken, südlich der Linie Bühl-Straubing bis zum Alpenrand zu naß
Februar	etwas zu warm, zu wenig Sonnenschein, Niederschlagsmengen erheblich unter dem langjährigen Durchschnitt	sehr mild, arm an Sonnenschein, sehr niederschlagsreich	zu kalt, arm an Sonnenschein bei insgesamt leicht überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen	bei meist unternormalem Sonnenschein im Norden zu kalt, im Süden zu warm, im SW sowie im Main-Raum allgemein, in N-Deutschland nur gebietsweise zu naß, sonst zu trocken
März	zu kühl, reich an Sonnenschein, erheblich zu arm an Niederschlag	erheblich zu mild, arm an Sonnenschein, unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	in Südbayern zu warm, zu naß und arm an Sonnenschein	bei unternormalem Sonnenschein zu naß, im Norden zu kalt, im Süden zu warm
April	geringfügig zu kühl, reich an Sonnenschein, meist unterdurchschnittliche Niederschlagswerte	zu kühl, arm an Sonnenschein, sehr niederschlagsreich	etwas zu kühl und größtenteils erheblich zu trocken bei etwa durchschnittlicher Sonnenscheindauer	bei unternormalem Sonnenschein zu kalt und überwiegend zu naß
Mai	insgesamt wärmer und sonniger als normal, zu naß	normale Mitteltemperaturen, arm an Sonnenschein, überwiegend sehr trocken	zu kühl, sehr arm an Sonnenschein und größtenteils sehr niederschlagsreich	
Juni	zu warm, sehr reich an Sonnenschein, viel zu trocken	normale Sonnenscheindauer, geringfügig zu warm, größtenteils zu feucht	zu kühl bei insgesamt etwa durchschnittlichen Niederschlagsmengen und leicht übernormaler Sonnenscheindauer	
Juli	zu warm, reich an Sonnenschein, etwas zu trocken	geringfügig zu kühl, reich an Sonnenschein, größtenteils unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu kühl, arm an Sonnenschein bei insges. etwa durchschnittlichen Niederschlagsmengen	
August	zu kühl, Niederschlagsmengen und Sonnenscheindauer meist unter den langjährigen Durchschnittswerten	etwas zu kühl, arm an Sonnenschein, sehr niederschlagsreich	in Südbayern zu kalt bei nur geringfügig unternormaler Sonnenscheindauer und reichlichen Niederschlägen	
September	zu kühl, arm an Sonnenschein, etwas überdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu kühl, arm an Sonnenschein, größtenteils zu trocken	zu kühl, arm an Sonnenschein und größtenteils zu feucht	
Oktober	zu warm, reich an Sonnenschein, erheblich zu trocken	zu mild, arm an Sonnenschein und erheblich zu trocken	sehr sonnenscheinarm bei insges. etwa normalen Temperaturen und Niederschlagsmengen	
November	zu warm, arm an Sonnenschein, meist überdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, reich an Sonnenschein, niederschlagsreich	zu kühl, erheblich zu trocken und größtenteils reich an Sonnenschein	
Dezember	zu kalt, reich an Sonnenschein, überwiegend unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, arm an Sonnenschein bei größtenteils überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen	zu mild bei größtenteils etwas unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen und insges. normaler Sonnenscheindauer	

ANHANG I

Tab. 1: Witterung in Südbayern von Januar 1976 bis April 1979.
(Aus dem Monatlichen Witterungsbericht für Südbayern,
herausgegeben vom DWD, Wetteramt München.)

Monat		1976				1977				1978				1979			
		T _a	AT	N	AN	T _a	AT	N	AN	T _a	AT	N	AN	T _a	AT	N	AN
Januar	B	1,1	+3,9	241	219	-1,0	+1,8	113	103	-0,6	+1,2	68	62	-4,7	-2,5	83	64
	K	0,6	+3,2	98	94	-0,6	+2,0	91	88	-0,7	+1,9	32	31	-4,5	-1,9	61	55
	R	-1,5	+2,7	220	165	-2,4	+1,8	125	94	-3,3	+0,9	67	50	-5,9	-0,2	130	97
Februar	B	0,2	+1,1	13	13	3,4	+4,3	182	175	-1,6	-0,7	62	60	+0,7	+0,2	67	66
	K	-0,2	+1,2	14	13	2,8	+4,2	136	136	-2,0	-0,6	77	77	0,0	+1,4	75	73
	R	-1,4	+0,8	17	12	0,3	+2,5	164	120	-3,3	-1,1	70	51	-0,6	+1,6	61	54
März	B	1,9	-1,5	43	46	7,0	+3,6	66	112	4,7	+1,3	143	152	+5,4	2,0	229	221
	K	1,6	-1,4	34	36	6,6	+3,6	78	83	3,9	+0,9	88	94	+4,7	1,7	132	126
	R	0,2	-1,4	46	39	4,1	+2,5	99	84	2,0	+0,4	189	160	+2,8	1,2	228	212
April	B	7,5	-0,6	97	91	6,4	-1,7	226	211	7,0	-1,1	37	44	+6,1	0,6	165	156
	K	6,8	-0,4	58	56	5,2	-2,0	157	152	6,6	-0,6	53	52	+4,9	0,7	128	125
	R	5,3	-0,9	76	58	3,8	-2,4	245	187	5,3	-0,9	59	45	+3,8	1,2	150	111
Mai	B	12,9	+0,5	230	156	12,2	-0,2	106	72	10,8	-1,6	168	114				
	K	12,4	+0,6	213	148	11,7	-0,1	61	42	10,2	-1,6	148	103				
	R	10,9	0,0	189	114	10,7	-0,2	88	53	9,3	-1,6	166	101				
Juni	B	16,6	+1,1	154	85	16,0	+0,5	189	104	14,9	-0,6	183	101				
	K	16,8	+1,8	87	50	15,3	+0,3	211	174	14,3	-0,7	182	104				
	R	15,1	+0,9	138	65	14,5	+0,3	203	96	13,1	-1,1	181	86				
Juli	B	18,4	+1,3	166	80	17,1	0,0	265	127	15,7	-1,4	167	80				
	K	18,3	+1,6	177	86	16,8	0,1	147	71	15,4	-1,3	143	69				
	R	16,5	+0,7	198	83	15,5	-0,3	276	115	14,4	-1,4	183	76				
August	B	14,5	-2,0	231	136	16,0	-0,5	169	99	15,3	-1,2	134	79				
	K	14,1	-2,0	226	75	15,5	-0,6	236	152	15,0	-1,1	149	96				
	R	12,8	-2,4	172	87	14,3	-0,9	238	120	13,7	-1,5	145	73				
September	B	12,0	-1,5	137	103	12,0	-1,5	108	81	12,9	-0,6	249	187				
	K	11,7	-1,5	157	115	11,6	-1,6	62	46	12,6	-0,6	178	131				
	R	10,4	-2,1	174	118	10,6	-1,9	80	54	11,1	-1,4	218	148				
Oktober	B	9,5	+1,3	65	61	10,2	+2,0	41	38	8,1	-0,1	179	167				
	K	9,4	+1,4	49	45	10,0	+2,0	39	36	8,1	+0,1	109	100				
	R	8,5	+1,3	51	43	9,2	+2,0	34	29	6,7	-0,5	153	130				
November	B	4,2	+0,8	124	133	4,7	+1,3	142	153	2,5	-0,9	34	37				
	K	3,5	+0,5	124	132	4,2	+1,2	113	120	2,3	-0,7	36	38				
	R	2,1	0,0	145	135	1,6	-0,5	160	148	0,5	-1,6	40	37				
Dezember	B	-3,2	-2,6	119	128	-0,2	+0,4	148	159	+0,1	+0,7	60	65				
	K	-3,1	-2,5	65	71	-0,2	+0,3	100	179	+0,3	+0,7	44	39				
	R	-5,7	-3,6	112	99	-2,0	+0,1	115	102	-2,1	0,0	48	53				

ANHANG I

Tab. 2: Witterungsablauf im Versuchsgebiet bei Ruhpolding von Januar 1976 bis April 1979 anhand der Daten der Klimahauptstationen Bad Reichenhall (B), Kotzing (K) und Reit im Winkl (R) des Deutschen Wetterdienstes. (Aus dem Monatlichen Witterungsbericht für Südbayern, herausgegeben vom DWD, Wetteramt München.)

T_a: Lufttemperaturmittelwert in °C

N: Niederschlagsmenge in mm

AT: T_a-Abweichung vom langjährigen Mittel in K

AN: prozentualer Anteil von N am langjährigen Mittel

A N H A N G II

Dichtewerte der Verjüngung

(nicht mit der tatsächlich
besiedelbaren Fläche korrigiert)

ohne Bodenbearbeitung												
Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Fichte			Tanne			Buche			Summe Jahrg. u. Baumarten
			76	1977	1978	76	1977	1978	76	1977	1978	
			St./m ²			St./m ²			St./m ²			St./m ²
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,0	0,5	0,9	0,7	1,0	0,1	0,1	0,0	5,5	13,6
	schw.Schirmh.	1.1	0,0	2,2	2,3	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	8,7
	st.Schirmh.	1.2	0,0	1,4	1,3	0,2	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4
	Kahlhieb	1.3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	6,8
	Kontrolle	2.0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8
	schw.Schirmh.	2.1	0,1	2,2	3,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
	st.Schirmh.	2.2	0,0	1,0	2,2	0,5	2,2	0,1	0,2	0,0	0,2	12,5
	Kahlhieb	2.3	0,0	0,2	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5
800 m NW	Kontrolle	3.0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	st.Schirmh.	3.2	0,0	1,6	2,4	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	0,0	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,2	0,0	2,5	4,5
	st.Schirmh.	4.2	0,0	0,6	1,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	5,2
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,0	0,3	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,4	3,3
	st.Schirmh.	5.2	0,0	0,1	5,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	17,3
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,1	0,1	0,6	0,2	1,3	0,2	0,2	0,0	9,4	20,7
	st.Schirmh.	6.2	0,1	0,2	1,7	0,1	0,4	0,5	0,3	0,0	2,1	9,4

mit Bodenbearbeitung												
Versuchsfläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Fichte			Tanne			Buche			Summe Jahrg. u. Baumarten
			76	1977	1978	76	1977	1978	76	1977	1978	
			St./m ²			St./m ²			St./m ²			St./m ²
Hauptversuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,0	0,8	1,3	0,3	1,3	0,2	0,0	0,0	2,6	16,4
	schw.Schirmh.	1.1	0,0	5,4	4,1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	12,7
	st.Schirmh.	1.2	0,0	3,4	1,5	0,2	3,2	0,1	0,0	0,0	0,1	11,0
	Kahlhieb	1.3	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	3,0
	Kontrolle	2.0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	2,1
	schw.Schirmh.	2.1	0,0	2,6	4,3	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
	st.Schirmh.	2.2	0,0	1,7	3,4	0,0	1,7	0,1	0,0	0,0	0,3	11,2
	Kahlhieb	2.3	0,0	0,2	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
800 m NW	Kontrolle	3.0	0,0	5,3	3,9	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
	st.Schirmh.	3.2	0,0	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,2	0,0	2,5	4,5
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	0,0	1,2	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3,3	6,4
	st.Schirmh.	4.2	0,0	1,3	2,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,1	7,0
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,0	0,3	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	2,7
	st.Schirmh.	5.2	0,0	2,2	4,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	15,0
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,0	0,4	0,8	0,0	1,9	0,2	0,0	0,0	17,5	29,0
	st.Schirmh.	6.2	0,0	0,5	2,2	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	1,0	10,4

ANFANG II

Tab. 1 : Tatsächliche Pflanzendichten auf den gezähnten Teilparzellen im Herbst 1978, getrennt nach Baumarten und Jahrgängen sowie deren Summe - Werte wurden nicht mit der besiedelbaren Fläche reduziert (s. Kap. 3.21 im Text -).

A N H A N G I I I

Statistische Auswertung der auf Spaltflächenversuchs-
anlagen sowie im Blockversuch gewonnenen Daten

- a) Auf Spaltflächenversuchsanlagen (split-plot)
gewonnene Daten.
- b) Im Blockversuch gewonnene Daten.

a) Auf Spaltflächenversuchsanlagen gewonnene Daten

Die statistische Auswertung der auf den Spaltflächenversuchsanlagen (split-plot) gewonnenen Daten (s.a. Tab. 8 im Textteil) erfolgte nach dem folgenden linear-additiven Modell (van LAAR, 1979):

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + \delta_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

- wobei μ = Gesamtmittel
- α_i = Effekt der i-ten Stufe von Faktor A (Behandlung des Altbestandes; $i = 1, 2$)
- γ_k = Wirkung der k-ten Blocks (= Wiederholung bzw. Fläche Nr.: $k = 1 \dots 6$)
- δ_i = Zufallskomponente, die die Residualstreuung der Hauptflächen erfasst; eine Zufallsvariable mit dem Mittelwert 0 und der Varianz σ^2_h
- β_j = Effekt der j-ten Stufe von Faktor B (= Bodenbearbeitung; $j = 1, 2$)
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Effekt der Wirkung der i-ten Stufe von Faktor A auf der j-ten Stufe von Faktor B
- E_{ijk} = Zufallsvariable, welche die Residualstreuung der Teilflächen erfasst, mit einem Mittelwert 0 und einer Varianz σ^2_t

bedeutet.

(Das Modell unterstellt für die Fehler Unabhängigkeit und Normalverteilung der Variablen [transformierte Relativwerte; BARTLETT-Test überprüft]).

Die Gesamtsumme der Abweichungsquadrate und die Freiheitsgrade (FG) wurden wie folgt zerlegt ($n = 6$; $b = 2$; $a = 2$):

S t r e u u n g	F G	
Gesamt	nab - 1	= 23
A (= Beschirmung) [Parzellen 0, 2]	a - 1	= 1
Block [Flächen 1 - 6]	n - 1	= 5
Fehler (a)	(a-1) (n-1)	= 5
B (= Bodenbearb.) [ohne/mit]	b - 1	= 1
A x B	(A-1) (b-1)	= 1
Fehler (b)	a (b-1) (n-1)	= 10

Die Berechnung der SQ erforderte folgenden Rechengang:

$$c = \frac{x_{...}^2}{nab}$$

$$SQ_{\text{Hauptfläche}} = \sum_{i,k}^{na} x_{i.k}^2 / b-c$$

$$SQ_{\text{Faktor A}} = \sum_{i,...}^a x_{i,...}^2 / n \cdot b-c$$

$$SQ_{\text{Block}} = \sum_{...k}^n x_{...k}^2 / a \cdot b-c$$

$$SQ_{\text{Fehler (a)}} = SQ_{\text{Hauptfl.}} - SQ_A - SQ_{\text{Block}}$$

$$SQ_{\text{Behandlung}} = \sum_{ij}^{ab} x_{ij}^2 / n-c$$

$$SQ_{\text{Faktor B}} = \sum_j^b x_j^2 / na-c$$

$$SQ_{\text{AxB}} = SQ_{\text{Behandl.}} - SQ_A - SQ_B$$

$$SQ_{\text{Fehler (b)}} = SQ_{\text{ges.}} - SQ_{\text{Block}} - SQ_A - SQ_B - SQ_{\text{Fehler (a)}} - SQ_{\text{AxB}}$$

Rechenbeispiel für eine Varianzanalyse im split-plot-design:

Parzelle Nr.	Kontrolle		starker Schirmhieb	
	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.
1.0/2.2	5,5	10,0	8,8	13,9
2.0/1.2	2,1	3,1	6,5	15,1
3.0/3.2	1,8	11,7	6,4	18,1
4.0/4.2	1,3	4,4	3,4	7,0
5.0/5.2	2,3	3,8	18,8	34,2
6.0/6.2	1,0	3,4	1,7	4,7

ANHANG III

Tab. 1: Pflanzenprozente einjähriger Fichten im Herbst 1977
in Abhängigkeit von der Beschirmung, Bodenbearbeitung
auf den 6 Versuchsflächen (= Wiederholungen).

Parzelle Nr.	Kontrolle			starker Schirmhieb			Σ
	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	Σk	ohne Bodenbearb.	mit Bodenbearb.	ΣSt.	
1.0/2.2	13,56	18,44	32,00	17,26	21,89	39,15	71,15
2.0/1.2	8,33	10,14	18,47	14,77	22,87	37,64	56,11
3.0/3.2	7,71	20,00	27,71	14,65	25,18	39,83	67,54
4.0/4.2	6,55	12,11	18,66	10,63	15,34	25,97	44,63
5.0/5.2	8,72	11,24	19,96	25,70	35,79	61,49	81,45
6.0/6.2	5,74	10,63	16,37	7,49	12,52	20,01	36,38
Σ	50,61	82,56	133,17	90,50	133,59	224,09	

$$c = \frac{\sum x_{..}^2}{24} = 5.318,11$$

$$\Sigma x^2 = 6.562,94$$

ANHANG III

Tab. 2: Datenschema für die Varianzanalyse.

(Mittlere Pflanzenprozente einjähriger Fichten im
Herbst 1977, Werte Tab. 1 transformiert mit $\arcsin p$.)

Summe der Abweichungsquadrate (SQ)		Freiheits- grad (FG)	Mittl. Abwei- chungsquadrat (MQ)	F-Wert errechnet	Signifikanz (Tafelwert $p=0,05$)
Gesamt	1.244,83	23			
Haupt	951,56				
Faktor A	344,44	1	344,44	7,04	* (6,61)
Block	362,33	5	72,47	1,48	n.sig.(5,05)
Fehler (a)	244,79	5	48,96		
Behandlung	584,23				
Faktor B	234,63	1	234,63	43,85	*** (21,04)
A x B	5,16	1	5,16	<1	n.sig.(4,96)
Fehler (b)	53,48	10	5,35		

ANHANG III

Tab. 3: Tafel der Varianzanalyse.

Es lassen sich 4 Ergebnisse ablesen:

1. Für die Streuungsursache Block (= Flächen) ist der errechnete F-Wert kleiner als der aus der Tabelle mit $p = 0,05$ und 5/5 Freiheitsgraden. Zwischen den Mittelwerten der Flächen 1 - 6 bestehen keine signifikanten Unterschiede.
2. Für die Streuungsursache Faktor A (= Beschirmung) ist der errechnete F-Wert größer als der F-Wert aus der Tabelle mit $p = 0,05$ und 1/5 Freiheitsgraden. Unterschiedliche Beschirmungsdichte hat eine signifikante Wirkung auf die Pflanzenprozente.
3. Für die Streuungsursache Faktor B (= Bodenbearbeitung) ist der errechnete F-Wert größer als der F-Wert aus der Tabelle mit $p = 0,001$ und 1/10 Freiheitsgraden. Es besteht also ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Pflanzenprozenten auf Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung.
4. Für eine Wechselwirkung A x B ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

b) Im Blockversuch gewonnene Daten

Die statistische Auswertung der im Blockversuch gewonnenen Daten erfolgte nach dem folgenden linearen Modell (van LAAR, 1979):

$$x_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \epsilon_{ij}$$

wobei bedeuten:

x_{ij} = Beobachtung der j-ten Behandlung im i-ten Block

α_j = Wirkung der j-ten Behandlung (= Schutzvariante; $j = 1 \dots 6$)

β_i = Wirkung des i-ten Blocks (= Wiederholung; $i = 1 \dots 7$)

ϵ_{ij} = Zufallskomponente mit dem Mittelwert 0 und der Varianz σ^2

Es wird unterstellt, daß die Behandlungen feste, die Wiederholungen zufällige Effekte hervorrufen.

Die Gesamtsumme der Abweichungsquadrate und die Freiheitsgrade (FG) wurden wie folgt zerlegt ($b = 7$; $k = 6$):

Streuung	SQ	FG
Gesamt	$kb \sum \sum (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$	$kb - 1 = 41$
Behandlung	$k \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$	$k - 1 = 5$
Blöcke	$b \sum (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})^2$	$b - 1 = 6$
Fehler	$bb \sum \sum (x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2$	$(k-1)(b-1) = 30$

Die Berechnung der SQ erforderte folgenden Rechengang:

$$c = \frac{x_{..}^2}{k \cdot b}$$

$$SQ\text{-Gesamt} = \sum \sum (x_{ij}^2) - c$$

$$SQ\text{-Behandlung} = (x_{.1}^2 + \dots + x_{.k}^2) / b - c$$

$$SQ\text{-Block} = (x_{1.}^2 + \dots + x_{b.}^2) / k - c$$

$$SQ\text{-Fehler} = SQ_{\text{gesamt}} - SQ_{\text{Behandlung}} - SQ_{\text{Block}}$$

Rechenbeispiel für eine Varianzanalyse im Blockversuch:

Behandlung des Altbestands (Parz. Nr.)	Block Nr.	Überlebensprozente bei					
		unge- schützt %	Schutz vor Vögeln ..%..	zusätzl. vor Mäusen%	zusätzl. vor Schnecken %	zusätzl. vor Insekten %	zusätzl. vor Pilzen %
schw.Schirmh. (1.1)	1	0	0	80	90	83	100
	2	0	0	44	67	67	100
schw.Schirmh. (2.1)	3	0	0	0	60	80	100
	4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
st.Schirmh. (1.2)	5	0	0	80	50	67	89
	6	0	0	22	90	89	89
st.Schirmh. (2.2)	7	0	0	90	89	60	71
	8	0	0	78	89	60	100

n.b. = kein Wert vorhanden

ANHANG III

Tab. 4: Überlebensprozente von Buchensämlingen im Herbst 1978 bei Ausschaltung von unterschiedlichen Schadfaktoren.

Block Nr.	unge- schützt	Schutz vor Vögeln	zusätzl. vor Mäusen	zusätzl. vor Schnecken	zusätzl. vor Insekten	zusätzl. vor Pilzen	Σ
1	0	0	63,44	71,56	65,88	90,00	290,88
2	0	0	41,78	54,70	54,70	90,00	242,28
3	0	0	0	50,77	63,44	90,00	204,21
5	0	0	63,44	45,00	54,70	70,45	233,69
6	0	0	28,11	71,56	70,45	70,45	240,67
7	0	0	71,56	70,45	50,77	57,67	250,45
8	0	0	61,82	70,45	50,77	90,00	213,04
Σ	0	0	330,15	434,49	410,71	558,57	1733,92

ANHANG III

Tab. 5: Datenschema für die Varianzanalyse (Werte Tab. 4 transformiert mit $\arcsin p$).

Summe der Abweichungsquadrate (SQ)		Freiheits- grad (FG)	Mittl. Abwei- chungsquadrat (MQ)	F-Wert errechnet	Signifikanz (Tafelwert $p=0,05$)
Gesamt	45.825,82	41			
Behandlung	39.626,28	5	7.925,20	43,93	*** (2,53)
Block	787,80	6	131,3	0,728	n.sig. (2,42)
Fehler	5.411,74	30	180,39		

ANHANG III

Tab. 6: Tafel der Varianzanalyse.

Es läßt sich daraus ablesen:

1. Für die Streuungsursache Block (= Wiederholung) ist der errechnete F-Wert kleiner als der aus der Tabelle mit $p = 0,05$ und 6/30 Freiheitsgraden. Zwischen den Wiederholungen bestehen somit keine signifikanten Unterschiede.
2. Für die Streuungsursache Behandlung (= Schutzvarianten) ist der errechnete F-Wert größer als der aus der Tabelle mit $p = 0,001$ und 5/30 Freiheitsgraden. Der Faktor Behandlung bzw. die Schutzmaßnahmen führten zu ^{hoch}signifikant unterschiedlichen Ergebnissen.

Der multiple Vergleich der Schutzvarianten 3 - 6 (s. Tab. 7) ergab folgende ($p_{0,05}=4,17$; $p_{0,01}=7,56$) Abhängigkeiten:

Schutz- variante	Maus	+ Schnecke	+ Insekt	+ Pilz
Maus	-			
+Schnecke	4,31*	-		
+Insekt	2,57	0,22	-	
+Pilz	20,67**	6,1*	8,66**	-

ANHANG III

Tab. 7: Multipler Vergleich der Schutzvarianten Vögel + Mäuse;
zusätzlich Schnecken, zusätzlich Insekten, zusätzlich Pilz.

Ergebnis:

1. Die Schutzvarianten Maus, Schnecke und Pilz unterscheiden sich jeweils gesichert voneinander.
2. Die Schutzvariante Insekt unterscheidet sich nur von der Schutzvariante Pilz.

Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß über den Schutz vor Mäusen hinaus das Überlebensprozent von Buchensämlingen mit Hilfe von "Schneckenkorn" und Fungiziden sicher verbessert werden kann, nicht jedoch durch Insektizide.

A N H A N G I V

Ergebnis des Mediantests zur Überprüfung
unterschiedlicher Pflanzendichten

Versuchs- fläche	Behandlung des Altbestands	Parz. Nr.	Fichte		Tanne	Buche	Ahorn	Summe
			Jahrg. 1977 χ^2 sig.	Jahrg. 1978 χ^2 sig.	Jahrg. 1977 χ^2 sig.	Jahrg. 1978 χ^2 sig.	Jahrg. 1978 χ^2 sig.	Jahrg. 77+78 χ^2 sig.
Haupt- versuch 900 m NW	Kontrolle	1.0	0,3n.s.	0,0n.s.	0,2n.s.	0,0n.s.	2,9n.s.	0,2n.s.
	schw.Schirmh.	1.1	4,5 *	0,9n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.	0,3n.s.	3,2n.s.
	st.Schirmh.	1.2	0,6n.s.	0,0n.s.	1,2n.s.	0,1n.s.	0,9n.s.	0,6n.s.
	Kahlhieb	1.3	0,0n.s.	0,3n.s.	0,1n.s.	-	0,3n.s.	0,7n.s.
	Kontrolle	2.0	0,0n.s.	1,2n.s.	0,0n.s.	0,3n.s.	0,1n.s.	1,1n.s.
	schw.Schirmh.	2.1	0,0n.s.	0,5n.s.	0,7n.s.	-	0,0n.s.	0,3n.s.
	st.Schirmh.	2.2	0,7n.s.	0,4n.s.	0,1n.s.	0,1n.s.	0,1n.s.	0,2n.s.
	Kahlhieb	2.3	0,0n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.	-	0,1n.s.	0,2n.s.
800 m NW	Kontrolle	3.0	0,3n.s.	1,7n.s.	0,7n.s.	-	-	1,7n.s.
	st.Schirmh.	3.2	6,1 *	0,6n.s.	0,3n.s.	-	-	0,6n.s.
1.200 m NW	Kontrolle	4.0	0,8n.s.	0,1n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.
	st.Schirmh.	4.2	0,7n.s.	3,9 *	0,1n.s.	0,1n.s.	0,7n.s.	1,6n.s.
Nord 900 m	Kontrolle	5.0	0,0n.s.	0,1n.s.	0,0n.s.	0,2n.s.	0,1n.s.	0,3n.s.
	st.Schirmh.	5.2	0,7n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.	0,1n.s.	1,6n.s.	2,1n.s.
Süd 900 m	Kontrolle	6.0	0,5n.s.	0,3n.s.	0,5n.s.	0,5n.s.	0,0n.s.	0,2n.s.
	st.Schirmh.	6.2	0,1n.s.	1,8n.s.	0,1n.s.	0,3n.s.	0,0n.s.	0,0n.s.

- = keine Überprüfung möglich

ANHANG IV

Tab. 1: Ergebnis des Mediantests zur Überprüfung unterschiedlicher Pflanzendichten auf den Teilparzellen mit und ohne Bodenbearbeitung.

(* = Unterschied gesichert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,05$

n.s. = Unterschied nicht gesichert)

L e b e n s l a u f

Am 10. 11. 1945 wurde ich als Sohn des Forstdirektors Hans Hohenadl und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Stiefenhofer, in Oberstdorf geboren.

In der Zeit von 1952 bis 1956 besuchte ich die Volksschulen in Rottach-Egern, Bodenmais und Fürstenstein, von 1956 bis 1957 die Realschule Zwiesel. Von 1957 bis zur Reifeprüfung 1965 war ich Schüler am Gymnasium mit Oberrealschule Tegernsee. Im Anschluß daran leistete ich meinen Wehrdienst ab.

Nach der praktischen Lehrzeit am Forstamt Schliersee nahm ich das Studium der Forstwissenschaft im Sommersemester 1968 an der Universität München auf und beendete es im Wintersemester 1971/72 mit der Diplomprüfung.

Nach einer zweieinhalbjährigen Vorbereitungszeit bei der Bayerischen Staatsforstverwaltung legte ich 1974 die Große Forstliche Staatsprüfung ab. In der Zeit vom 1. 8. 1974 bis zum 1. 10. 1975 war ich der Oberforstdirektion München zugeteilt und in der Waldfunktionsplanung eingesetzt. Anschließend wurde ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter an das Waldbauinstitut der Forstlichen Forschungsanstalt München versetzt. Seit 1. September 1979 bin ich als Mitarbeiter in einem Referat am Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten tätig.

Ich bin verheiratet und habe zwei Kinder.

